

Treball de Fi de Grau

Grau en Enginyeria en Tecnologies Industrials

Instal·lació solar fotovoltaica per autoconsum de l'Autoritat Portuària de Tarragona.

MEMÒRIA

Autor: Roger Solà Martínez
Director: Oriol Gomis i Luis Saiz
Convocatòria: Gener 2018



Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Industrial de Barcelona



Resum

El present projecte s'ha realitzat sota la supervisió de l'Autoritat Portuària de Tarragona (en endavant APT) i està emmarcat en un dels seus principals objectius: créixer de manera sostenible, impulsant contínuament projectes de millora que es basin en criteris de sostenibilitat ambiental, que garanteixin una adequada gestió dels recursos naturals i la protecció de l'entorn portuari, responent al seu torn a les demandes actuals de la societat. Amb això, vol aconseguir un entorn favorable per al seu desenvolupament social i econòmic.

En particular, el projecte s'inscriu en una de les línies de treball en matèria de sostenibilitat, concretament la de l'eficiència energètica. Realitzant accions per optimitzar el consum energètic a la zona portuària i la introducció d'energies renovables per reduir la petjada de carboni.

L'objecte del present projecte, és estudiar, calcular, dissenyar, i definir les característiques tècniques d'una instal·lació fotovoltaica per alimentar sis edificis de l'Autoritat Portuària de Tarragona.

Per a això, s'estudia en primer lloc els fonaments teòrics dels sistemes fotovoltaics i el marc jurídic actual de l'autoconsum i la producció d'energia solar fotovoltaica.

A partir de l'estudi de demanda facilitat per l'APT i els seus criteris, es dimensiona el sistema de generació per a intentar generar aquesta energia amb renovables.

Es realitzarà el disseny de tota la instal·lació tenint en compte les especificacions elèctriques de tots els components del sistema (panells, consums, convertidors d'electrònica de potència), la secció del cablejat, les proteccions, etc.

Finalment, s'estudiarà l'impacte ambiental i es realitzarà el pressupost del projecte.

Addicionalment, el projectista aporta un segon estudi tenint en compte la demanda actual (no l'estudi facilitat per l'APT) i dimensiona aquesta instal·lació segons la demanda horària.

Sumari

RESUM	1
SUMARI	2
1. GLOSSARI	5
2. INTRODUCCIÓ	6
2.1. Objectius del projecte	6
2.2. Abast del projecte	6
3. COMPONENTS DE LA INSTAL·LACIÓ	7
3.1. Mòduls fotovoltaics	7
3.1.1. Característiques tècniques	10
3.2. Inversor de connexió a xarxa.....	11
3.2.1. Característiques generals.....	13
3.3. Estructura dels panells	14
3.4. Controlador dinàmic de potència (CDP).....	15
3.5. Cablejat.....	17
3.6. Proteccions	18
3.7. Posada a terra	19
4. MARC JURÍDIC	20
4.1. Anàlisi de la legislació vigent a Espanya.....	20
4.1.1. Instal·lacions objecte del Reial decret d'autoconsum	20
4.1.2. Modalitats d'autoconsum	20
4.1.2.1. Requisits de la modalitat d'autoconsum tipus 1	20
4.1.2.2. Requisits de la modalitat d'autoconsum tipus 2	21
4.1.3. Ús de bateries d'acumulació.....	21
4.1.4. Procediment de connexió i accés	21
4.1.5. Equips de mesura.....	21
4.1.6. Càrrecs o impostos addicionals.....	22
4.2. Règim jurídic de la instal·lació proposada.....	24
5. DEMANDA ENERGÈTICA	25
5.1. Estudi APT.....	25
5.2. Estudi projectista	27
6. DIMENSIONAR	28

6.1.	Emplaçament i situació de la instal·lació	28
6.2.	Radiació incident utilitzada.....	29
6.3.	Dades de producció energètica	30
6.4.	Dades consum i producció.....	32
6.5.	Estudi producció projectista	34
6.6.	Comparativa consum i producció en la situació actual.....	35
7.	CÀLCULS JUSTIFICATIUS	38
7.1.	Càlculs estructurals	38
7.2.	Càlculs de la connexió fotovoltaica	41
7.2.1.	Número de mòduls en sèrie.....	41
7.2.2.	Número de mòduls en paral·lel.....	43
7.3.	Càlculs elèctrics	44
7.3.1.	Secció de cablejat.....	44
7.3.1.1.	Criteri de la caiguda de tensió.....	44
7.3.2.	Proteccions	49
7.3.2.1.	Continua.....	49
7.3.2.1.1.	Sobrecàrregues i curtcircuits	49
7.3.2.1.2.	Sobretensions	51
7.3.2.1.3.	Contactes indirectes	53
7.3.2.2.	Alterna.....	54
7.3.2.2.1.	Sobrecàrregues i curtcircuits	54
7.3.2.2.2.	Sobretensions	55
7.3.2.2.3.	Contactes indirectes	56
7.3.2.2.4.	Protecció contra harmònics	57
8.	DADES AMBIENTALS	58
9.	PRESSUPOST	59
9.1.	Resum pressupost	63
9.2.	Simulació de l'estalvi energètic	63
	CONCLUSIONS	67
	AGRAÏMENTS	68

BIBLIOGRAFIA	69
ANNEX 1. EMPLAÇAMENT	72
ANNEX 2. SITUACIÓ	73
ANNEX 3. PLÀNOLS REFUGI 1	74
ANNEX 4. CONNECTIVITAT DELS MÒDULS	75
ANNEX 5. CABLEJAT DELS MÒDULS	76
ANNEX 6. ESQUEMA UNIFILAR	77
ANNEX 7. ESQUEMA MULTIFILAR	78
ANNEX 8. CÀLCULS ESTRUCTURALS	79
ANNEX 9. UNE 20460-5-523: 2004	85
ANNEX 10. FITXES TÈCNIQUES	86
Captador fotovoltaic SolarWorld	86
Inversor SMA.....	88
Dispositiu protecció sobretensions DC	90
Dispositius protecció sobretensions AC.....	91

1. Glossari

Abreviacions

APT: Autoritat Portuària de Tarragona

CO₂: Diòxid de carboni

CEM: Condicions Estàndard de Mesura

FV: Fotovoltaic

CDP: Controlador dinàmic de potència

ET: Estació transformadora

AC: Corrent altern

DC: Corrent continu

UNE: Una norma espanyola

RD: Reial decret

ITC: Instrucció tècnica complementària

BT: Baixa tensió

PVC: Clorur de polivinil

MPPT: Maximum power point tracking

CDT: Caiguda de tensió

CGP: Caixa general de protecció

PDT: Poder de tall

REBT: Reglament electrotècnic de baixa tensió

2. Introducció

2.1. Objectius del projecte

L'objecte del present projecte, és estudiar, calcular, dissenyar, i definir les característiques tècniques d'una instal·lació fotovoltaica per alimentar sis edificis de l'Autoritat Portuària de Tarragona.

Amb la present instal·lació es pretén aprofitar les cobertes de l'APT situades al municipi de Tarragona, per a la generació d'energia elèctrica, contribuint així a la reducció d'emissions de CO₂ a l'atmosfera i al foment de les energies renovables.

2.2. Abast del projecte

En el present projecte, per tal de continuar amb el foment de les energies renovables en l'APT, es pretén estudiar la possibilitat de realitzar una instal·lació fotovoltaica per a autoconsum que generi l'energia que consumeixen sis edificis de l'APT, concretament: refugi 1, refugi 2, tinglado 1, tinglado 2, tinglado 3 i tinglado 4 (veure annex 1 i 2 per veure l'emplaçament i la situació dels edificis). Aquesta instal·lació es col·locaria en una d'aquestes cobertes (o en varies si això ho demanés la demanda energètica).

En primer lloc s'estudiaran els fonaments teòrics dels sistemes fotovoltaics i el marc jurídic actual de l'autoconsum i la producció d'energia solar fotovoltaica a Espanya.

A partir de l'estudi conceptual de la demanda energètica d'aquests sis edificis i coneixent les prestacions elèctriques que han de tenir, es dimensionarà el sistema de generació per a intentar generar aquesta energia amb renovables, trobant la potència pic a instal·lar.

Es realitzarà el disseny de tota la instal·lació tenint en compte les especificacions elèctriques de tots els components del sistema (panells, consums, convertidors d'electrònica de potència), la secció del cablejat, les proteccions, etc. Així com el de la integració des d'un punt de vista arquitectònic i ambiental, sempre tenint en compte el marc jurídic.

Finalment, s'estudiarà l'impacte ambiental i el pressupost del projecte i la instal·lació elegida.

3. Components de la instal·lació

3.1. Mòduls fotovoltaics

L'element fonamental d'una instal·lació fotovoltaica és el panell fotovoltaic. És l'encarregat d'efectuar la transformació de la radiació solar en energia elèctrica. Aquesta transformació es realitza directament en les cèl·lules fotovoltaïques mitjançant un fenomen físic anomenat efecte fotoelèctric que permet obtenir electricitat amb només exposar la cèl·lula a la radiació solar (veure fig. 3.1).

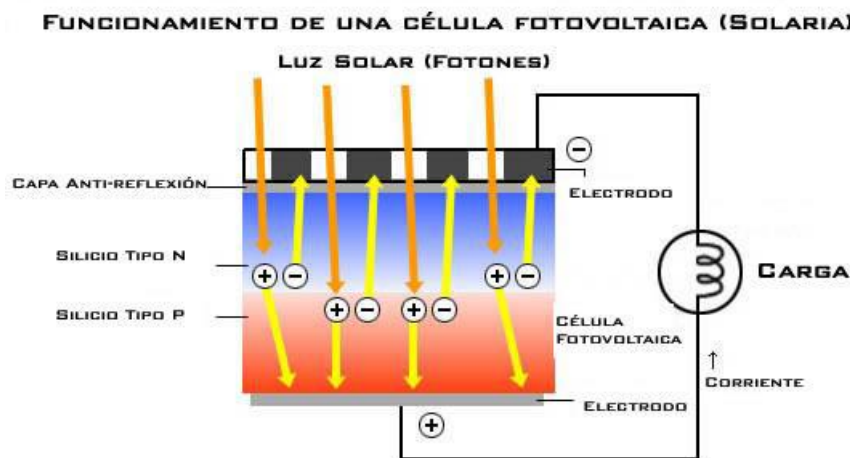


Figura 3.1. Esquema d'una cèl·lula fotovoltaica¹

En la generació de l'energia elèctrica no es produeix cap tipus de residu ni emissions de gasos ni abocament de líquids sent una de les formes de generació mediambientalment més netes que es coneixen.

Els mòduls fotovoltaics queden definits per les seves característiques tècniques, sent la fonamental la potència.

Es defineix la "potència pic" d'un mòdul fotovoltaic com la potència màxima d'aquest mòdul en les Condicions Estàndard de Mesura (CEM).

Les Condicions Estàndard de Mesura són les condicions de irradiància i temperatura en la cèl·lula que s'utilitza universalment per caracteritzar les cèl·lules, mòduls i generadors solars, i es defineix de la manera següent:

- Irradiància solar: 1000 W / m²
- Distribució espectral: AM 1,5 G

- Temperatura de cèl·lula: 25 °C

Els panells fotovoltaic es classifiquen en diversos tipus segons la seva composició:

- Monocristal·lins: estan formats per un únic tipus de vidre, són bastant cares i difícils de fabricar. No obstant això, aconsegueixen uns bons rendiments (25% en laboratori i entre 15-17% comercial) i una llarga durabilitat. Presenten un color blau metàl·lic.
- Policristal·lins: es construeixen bàsicament amb silici fus dopat amb Arseni i gal·li o bor en forma d'agregat de materials. Tenen un rendiment i durabilitat inferior a les anteriors però són molt més fàcils de fabricar oferint així una millor relació qualitat-preu. Presenten un color blau obscur.
- Amorfs: es construeixen a base d'evaporar sobre un vidre el material semiconductor o foto-reactiu en una càmera de efluvis i col·locant el parell d'elèctrodes en cadascuna de les unitats corresponents. Són el tipus de cèl·lules amb el procés de fabricació més senzill i barat, oferint així menys durabilitat i rendiment (6-8% i tendint cap a 0 amb l'envelliment). S'usen en calculadores i aparells de baix consum. Presenten un color marró homogeni.

Abans de saber quin mòdul fotovoltaic s'utilitzaran per a la instal·lació, s'ha de fer dos exercicis segons els experts d'energia solar i instal·lacions fotovoltaïques:

- El primer és consultar algun llistat de tests de laboratori oficial on es pugui veure quines marques tenen millors i pitjors resultats. En aquest cas s'utilitzarà el PV+Test 2.0 realitzat per la certificadora alemanya TÜV.
- El següent es consultar algun llistat de lectures de rendiment reals de projectes fotovoltaïcs en funcionament. En aquest cas s'utilitzarà la llista publicada per SunReport.

PV+Test 2.0

En el sector és possible consultar diferents tipus de tests sobre la qualitat dels panells.

Probablement el més conegut sigui el Photon Test, de la revista Photon Magazine, però, s'ha decidit utilitzar la llista PV+Test 2.0 realitzada per la certificadora alemanya TÜV. S'ha pres aquesta decisió ja que fonamentalment el PV+Test es fa amb plaques solars comprades directament del mercat per TÜV, mentre que el Photon Test, es realitza sobre mostres enviades pels fabricants. No cal dir que la fiabilitat del PV+Test és, en conseqüència, molt més gran que el Photon Test.

La prova dels mòduls no només avalua els productes d'acord amb els criteris de rendiment, sinó també segons la seva resistència a l'envelliment, la seguretat elèctrica, la mà d'obra, la qualitat de la documentació, les condicions de garantia i la facilitat d'instal·lació dels mòduls.

El llistat actual de marques testejades al PV+Test 2.0 és la mostrada en la figura 3.2.

Puntuación	Resultado	Fabricante	Panel Analizado
92.29	Excelente	SolarWorld	SW245 Poly
91.3	Excelente (-)	Schott	Schott Poly 290
90.7	Excelente (-)	SHARP	NU-180E1
89.8	Bueno (+)	IBC	IBC Monosol 240 ET
89	Bueno (+)	Mitsubishi Electric	PV-TD185MF5
88.5	Bueno (+)	Jetion	JT235PCe
88.1	Bueno (+)	Conergy	PowerPlus 225P
84.3	Bueno	Sovello	SV-X-195-fa1
80	Bueno (-)	Perfect Solar	PS230-6P-TOP

Figura 3.2. PV+Test 2.0²

SunReport

Per validar la informació del test anterior es pot consultar algun llistat de lectures de rendiment reals de projectes fotovoltaics en funcionament. En el SunReport, podem veure el llistat del rendiment de les millors marques de panells en funcionament en més de 12.000 instal·lacions solars a Itàlia i amb lectura des de l'any 2010 (veure fig. 3.3).

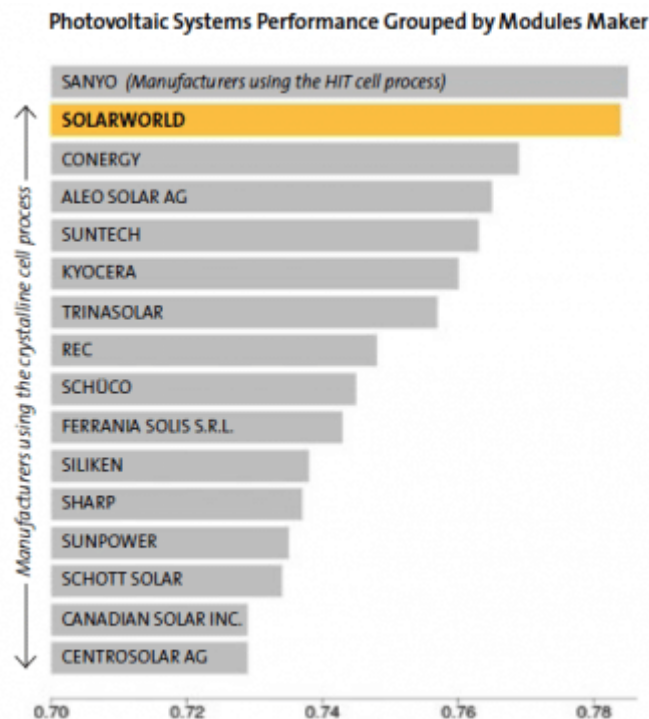


Figura 3.3. Llistat del rendiment Sunreport³

Si analitzem conjuntament la taula del PV+Test mostrada més amunt i la comparem amb la llista del SunReport, veiem que hi ha moltes coincidències, cosa que no és casual. De fet el que posa de manifest és la fiabilitat de tots dos tests, que havent estat realitzats per empreses diferents, amb situacions diferents, llancen unes dades molt similars.

Per tant, analitzant tota la informació dels dos tests, cal destacar SolarWorld com la millor en tots dos casos per panells amb tecnologia estàndard, és per aquest motiu i el seu preu competitiu que ens quedarem amb aquesta marca.

3.1.1. Característiques tècniques

Els mòduls fotovoltaics (FV) són marca SolarWolrd, concretament s'utilitzarà el model Sunmodule Plus SW 290 mono, ja que són els més rendibles de la marca pel que fa preu per watt punta (€/Wp). Tenen les característiques mostrades en la taula 3.4.

DADES MÒDULS

Potència pic	290	Wp
Tensió màxima (Vmax)	1000	V
Tensió pic de treball (Vmpp)	31,9	V
Tensió en circuit obert (Vca)	39,6	V
Corrent de treball (Impp)	9,20	A
Corrent de curtcircuit (Icc)	9,75	A
Coefficient pèrdues Potència	-0,39	(%/°C)
Coefficient pèrdues Corrent	0,07	(%/°C)
Coefficient pèrdues Tensió	-0,29	(%/°C)
Dimensions:		
Llarg	1.675	mm
Ample	1001	mm
Peso	18	Kg

Taula 3.4. Característiques del mòdul fotovoltaic⁴

3.2. Inversor de connexió a xarxa

Un generador fotovoltaic produeix corrent elèctric continu i per tant pot alimentar només càrregues que funcionen amb aquest tipus de corrent, en general amb tensions de 12, 24 i 48V. Normalment les càrregues funcionen en corrent altern i si la instal·lació està connectada a la xarxa elèctrica el corrent ha de ser necessàriament d'aquest tipus.

D'aquí la necessitat de transformar el corrent continu en sortida del generador FV en corrent altern. Aquesta tasca està realitzada per l'inversor, que a més d'ocupar-se de la conversió CC / CA adapta la tensió de sortida al nivell de la tensió de la xarxa elèctrica. El corrent introduït, de fet ha de tenir una forma d'ona sinusoïdal i sincronitzada amb la freqüència de xarxa i en el cas que faltés, encara que només per breus períodes, l'inversor ha de poder desconnectar ràpidament. A més, característica fonamental per a un inversor, és la de poder optimitzar la producció efectiva d'energia de la instal·lació pel que fa a la radiació solar incident, per mitjà de la regulació del Punt de Màxima Potència (MPP)

En la figura 3.5, es mostra un esquema simplificat de la utilitat d'un inversor.

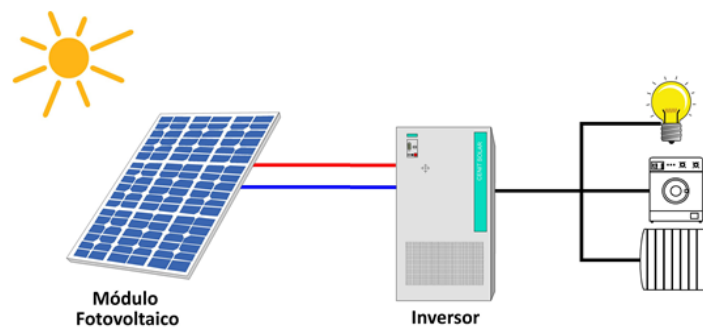


Figura 3.5. Esquema simplificat de la utilitat d'un inversor⁵

Per a que la ona de sortida s'ajusti lo millor possible a una sinusoïdal s'utilitza la tècnica de modulació de l'amplada del pols PWM (Pulse Width Modulation). Amb això s'aconsegueix variar la freqüència de la ona de sortida, així com el seu valor RMS (Root Mean Square).

En l'inversor s'utilitza el seguiment del punt de màxima potència MPPT (Maximum Power Point Tracking) és una tècnica utilitzada comunament per maximitzar la potència en totes les condicions.

La radiació solar que afecta els mòduls fotovoltaics té un caràcter molt variable segons la latitud, l'orientació del camp solar, l'estació i l'hora del dia. A cada cèl·lula es poden determinar, al llarg del dia, ombres que poden ser previsibles, com en el cas d'un edifici situat en les rodalies del camp solar o imprevisibles com les determinades pels núvols. A més, la quantitat d'energia produïda per cada cèl·lula fotovoltaica depèn de la radiació i de la seva temperatura. D'aquestes condicions neix la necessitat de determinar constantment, instant per instant, aquest punt en particular sobre la característica V_{xI} del generador fotovoltaic en què resulti màxim el desplaçament de potència cap a la xarxa.

Aquest MPPT calcula contínuament el valor de la corba I-V del generador i obté el punt de màxima potència obtenible per l'inversor. Això es pot aconseguir a través de varius algoritmes MPPT, que indueixen petites variacions de carga a intervals regulars per estudiar si les desviacions provocades d'intensitat i tensió provoquen un resultat major o menor de potencia obtinguda (producte de I per V). En la figura 3.7 es pot observar gràficament el MPPT.

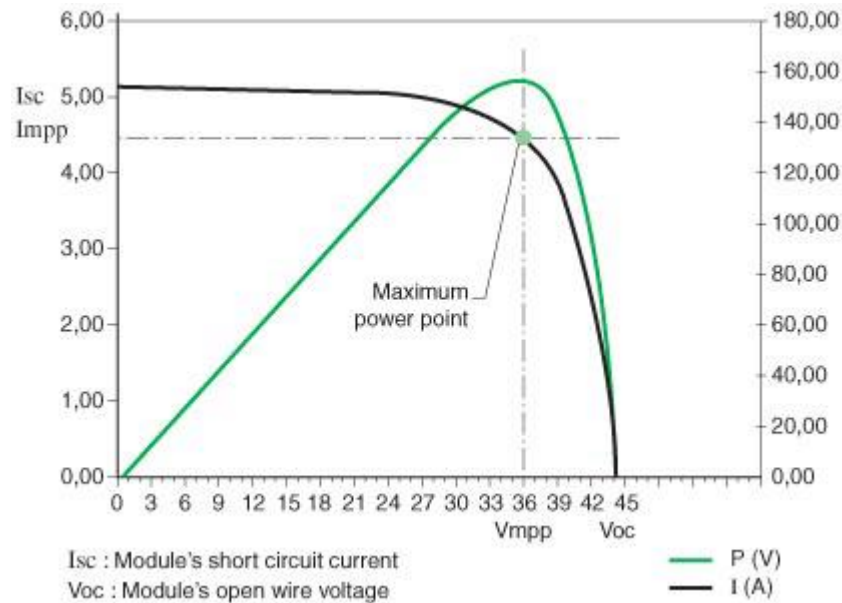


Figura 3.6 Exemple punt de màxima potència (MPP) d'un generador fotovoltaic⁶

Hi ha molts criteris alhora d'elegir un inversor, però els més importants són: qualitat i fiabilitat, servei i suport, garantia, característiques, seguiment i preu.

Tenint en compte aquests criteris, les marques d'inversors més competitius són: SMA, Huawei, Sungrow, ABB, Sineng...

Entre tots aquests s'ha decidit agafar la marca SMA, ja que tenen quatre inversors d'aquesta marca en un altre instal·lació FV i han quedat molt contents degut a la seva qualitat i fiabilitat, la garantia i sobretot, la seva eficiència de fins al 98%. A més, aquest últim any, el seu model Sunny Tripower CORE1 ha guanyat el Intersolar AWARD, per tant, serà aquest inversor FV el que utilitzarem, ja que s'adapta a les nostres necessitats.

3.2.1. Característiques generals

El inversor és marca SMA, model SUNNY TRIPOWER CORE1, i a l'entrada té les característiques mostrades en la taula 3.8.

DADES INVERSORS

Dades a l'entrada del inversor

Potència pic màxima	75 kWp
Tensió entrada màx.	1000 V
Rang de tensió del seguidor del MPP/tensió assignada d'entrada	De 500 a 800/670 V
Tensió entrada mín. /de inici	150/188 V
Corrent màxima entrada DC/per seguidor del MPP	120/20 A
Número punts MPPT	2
Número d'entrades DC	6

Dades a la sortida del inversor

Potència nominal	50 kW
Corrent màxima	72,5 A
Tensió nominal	400 V
Freqüència nominal	50 Hz
Cos α	1
Eficiència	97,8 %
Grau de protecció	IP65

Taula 3.7. Característiques de l'inversor escollit⁷

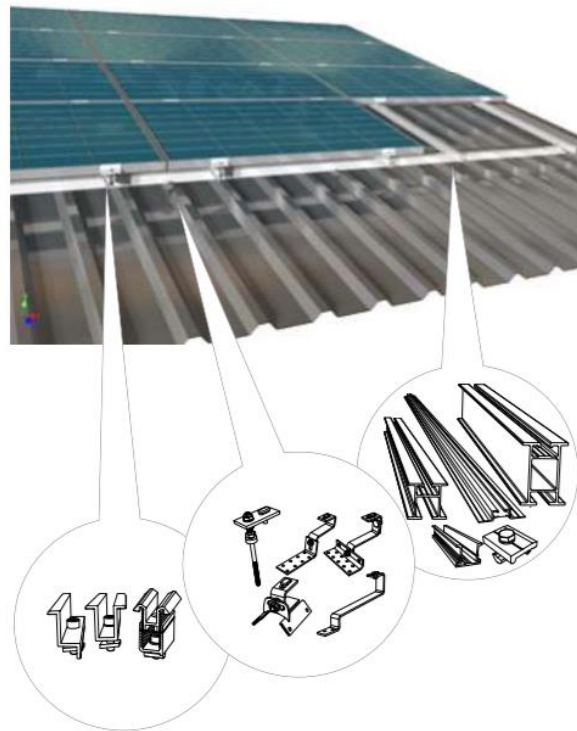
3.3. Estructura dels panells

En aquest projecte l'estructura dels panells és molt simple, ja que com tenim una coberta lleugera tipus sandvitx, els panells s'han de col·locar amb la mateixa inclinació que la coberta. (Veure apartat 7.1 de càlculs estructurals).

A més, les estructures per a panells solars sobre teulades inclinades s'adapten a infinitat cobertes, per exemple: teula, xapa metàl·lica trapezoïdal, panell sandvitx, Kalzip, etc.

En el nostre cas, al tenir la mateixa inclinació que la coberta, s'utilitzarà un sistema coplanar amb doble estructura en què els perfils portants es recolzen en perfils base transversals.

La subjecció es fa amb fixacions a corretges, ganxos salva-teula o directament a coberta amb perfils Direct.



Imatge 3.8. Estructura⁸

3.4. Controlador dinàmic de potència (CDP)

Cal assenyalar que el projectista recomana la instal·lació d'aquest dispositiu ja que, aquest impedeix la injecció de l'energia excedentària a la xarxa.

La instal·lació elèctrica del Refugi 1 està directament connectada al transformador 1 de l'Estació Transformadora 8.1 (ET 8.1), la qual suposa el veritable límit entre la propietat de l'APT i la companyia elèctrica. D'aquest transformador 1 pegen altres serveis i usos de l'APT a més del refugi 1 (que és on s'ubica la instal·lació solar). Alguns dels altres serveis que podrien fer ús de l'energia excedentària són: bombeig Euroports, bombeig Pere Martell, Aduanilla, fonts (Moll de Costa) i Portel. Es pot observar el que alimenta l'ET 8.1 en l'esquema 3.10.

Per tant, cal esperar que l'energia que els sis edificis de l'APT que no necessitin pugui derivar a través del circuit de baixa tensió cap a un altre servei connectat a aquest transformador 1 de l'ET 8.1.

El Control Dinàmic de Potència es realitza mitjançant un regulador programat que es comunica amb un analitzador de xarxes a instal·lar. Aquest regulador es comunica també amb els inversors instal·lats, de manera que és capaç d'ajustar la potència de sortida de cada un d'ells en funció de la lectura de consum instantani que està prenent el analitzador.

3.5. Cablejat

Els positius i negatius de cada grup de mòduls es conduiran separats i protegits d'acord amb la normativa vigent.

Els conductors seran de coure i tindran la secció adequada per evitar caigudes de tensió i escalfaments. Concretament, per a qualsevol condició de treball, els conductors hauran de tenir la secció suficient perquè la caiguda de tensió sigui inferior al 1,5%. Les seccions utilitzades seran les determinades en el paràgraf de càlculs justificatius que s'inclouen en aquest projecte.

El cable ha de tenir la longitud necessària per no generar esforços en els diversos elements ni possibilitat d'enganxar pel trànsit normal de persones.

Tot el cablejat de continuïtat serà de doble aïllament i adequat per a la seva utilització en temps lliure, a l'aire o enterrat, d'acord amb la norma UNE 21123.

Tot el cablejat de corrent alternarà complirà amb el Reglament Electrotècnic de baixa tensió (REBT).

El cablejat de protecció serà de coure i presentarà la mateixa aïllament que els conductors actius. S'instal·laran per la mateixa canalització que aquests.

La secció mínima d'aquests conductors de protecció serà igual a la fixada segons la ITC-BT-19, apartat 2,2,2, la secció es determina a partir de la caiguda de tensió.

Els conductors de la instal·lació es identificaran pels colors de la seva aïllament de la següent manera:

- Blau clar: conductors de neutre
- Groc - verd: conductors de terra

- Marró, negre i gris: conductors de fases actives

El cablejat estarà protegit per tubs protectors de PVC o metàl·lics, normalitzats.

La secció interior del tub serà, com a mínim, igual a tres vegades la secció total ocupada pels conductors. Els tubs hauran de suportar, sense deformació alguna, les següents temperatures:

60°C Els tubs construïts en PVC o polietilè.

70°C Els tubs metàl·lics

3.6. Proteccions

Els sistemes fotovoltaics connectats a la xarxa interior estan sotmesos a l'aplicació del REBT. Com en qualsevol altre tipus d'instal·lació elèctrica de baixa tensió, hi ha la possibilitat de descàrrega elèctrica i / o curtcircuit. Per evitar-los s'inclouen els dispositius de protecció magnetotèrmics, diferencials, terra, etc., encarregats de la protecció de la pròpia instal·lació i del seu interconnexió amb la xarxa elèctrica, així com de les maniobres d'operació necessàries. Aquests dispositius i elements constituïran les proteccions de contínua i alterna en baixa tensió.

Totes les instal·lacions compliran amb el que disposa el Reial Decret 1699/2011 (article 14) sobre proteccions en instal·lacions connectades a la xarxa interior de baixa tensió.

En connexions a la xarxa trifàsiques les proteccions per a la interconnexió de màxima i mínima freqüència (51 i 49 Hz respectivament) i de màxima i mínima tensió (1.1 Um i 0.85 Um respectivament) seran per a cada fase.

Els aparells de protecció seran interruptors automàtics magnetotèrmics, fusibles i interruptors diferencials. Els interruptors automàtics magnetotèrmics seran d'accionament manual i hauran de poder tallar el corrent màxim del circuit en el qual estan col·locats sense donar lloc a la formació d'arcs permanents, obrint i tancant els circuits, sense possibilitat de prendre una posició intermèdia.

La seva capacitat de tall, per a la protecció del curtcircuit, haurà d'estar d'acord amb la intensitat de curtcircuit que pugui presentar-se en un punt de la instal·lació i per a la protecció contra l'escalfament de les línies es regularà per a una temperatura inferior als 60°C.

Duran marcades la intensitat i tensió nominal de funcionament, així com el signe indicador de la seva desconexió.

Tant els disjuntors com els diferencials que es trobin situats en un punt de la instal·lació en què no puguin suportar els corrents de curtcircuit que es puguin presentar en aquest punt, han de portar associats tallacircuits fusibles calibrats.

Els fusibles emprats per protegir els circuits secundaris seran calibrats a la intensitat del circuit que es protegeixen. Es disposaran sobre material aïllant i incombustible i estaran construïts de manera que no puguin projectar metall en fondre. Es podran canviar en tensió sense cap perill i portaran marcada la intensitat i tensió de servei.

3.7. Posada a terra

Totes les instal·lacions complirà amb el que disposa el Reial Decret 1699/2011 (article 15) sobre les condicions de posada a terra d'instal·lacions interconnectades.

La posada a terra de les instal·lacions fotovoltaïques interconnectades es fa sempre de manera que no s'alterin les condicions de posada a terra de la xarxa de l'empresa distribuïdora, assegurant que no es produeixin transferències de defectes a la xarxa de distribució.

Les masses de la instal·lació fotovoltaica estan connectades a una terra independent de la del neutre de l'empresa distribuïdora d'acord amb el Reglament Electrotècnic per a Baixa Tensió, així com de les masses de la resta del subministrament.

Així mateix, segons el que disposa la ITC-BT-40 del REBT 2002, quan la instal·lació receptora estigui acoblada a una Xarxa de Distribució Pública que tingui el neutre posat a terra, l'esquema de posada a terra serà el TT i es connectaran les masses de la instal·lació i receptors a una terra independent de la del neutre de la Xarxa de Distribució pública. Per a la protecció de les instal·lacions generadores s'establirà un dispositiu de detecció del corrent que circula per la connexió dels neutres dels generadors el neutre de la Xarxa de Distribució Pública, que desconnectarà la instal·lació si es sobrepassa el 50% de la intensitat nominal .

4. Marc jurídic

4.1. Anàlisi de la legislació vigent a Espanya

Actualment la llei que regeix l'autoconsum a l'estat espanyol és el Reial Decret 900/2015. L'altre normativa vigent que afecta a aquesta instal·lació és el REBT.

El 9 d'octubre de 2015 es va aprovar el Reial Decret 900/2015, per al que es regulen les condicions administratives, tècniques y econòmiques de les modalitats de subministrament d'energia elèctrica amb autoconsum i de producció amb autoconsum.

4.1.1. Instal·lacions objecte del Reial decret d'autoconsum

Qualsevol instal·lació connectada a la xarxa elèctrica, fins i tot les que disposin d'un sistema d'injecció zero a la xarxa.

No són objecte del decret les instal·lacions aïllades ni els grups de generació utilitzats exclusivament en cas d'interrupció d'alimentació a la xarxa.

4.1.2. Modalitats d'autoconsum

Modalitat tipus 1: correspon a les instal·lacions de generació d'energia elèctrica destinades al consum propi i que no estiguessin donades d'alta en el corresponent registre com a instal·lació de producció. Només hi ha un únic subjecte, el consumidor.

Modalitat tipus 2: quan es tracti d'un consumidor d'energia elèctrica que estigui associat a una o diverses instal·lacions de producció degudament inscrites en el registre d'instal·lacions de producció d'energia elèctrica. Hi ha dos subjectes, el productor i el consumidor.

4.1.2.1. Requisits de la modalitat d'autoconsum tipus 1

- La potència contractada del consumidor no serà superior a 100Kw.
- La potència de la instal·lació de generació serà inferior a la potència contractada.
- El titular del consum i la producció serà el mateix.
- Les instal·lacions de generació i el punt de subministrament han de complir amb el Reial Decret 1699/2011 pel qual es regula la connexió a la xarxa de les instal·lacions de producció d'energia elèctrica de petita potència.

4.1.2.2. Requisits de la modalitat d'autoconsum tipus 2

- La suma de les potències de producció serà igual o inferior a la contractada.
- Si hi ha diverses instal·lacions de producció, el titular de totes serà la mateixa persona física o jurídica.
- Les instal·lacions de producció hauran de complir la normativa vigent del sector elèctric. (RD 1955/2000, RD1699 / 2011, RD 413/2014).
- Es permet la venda d'excedents elèctrics amb un preu de generació de (0,5€/MWh) i un impost del 7% sobre la producció.

4.1.3. Ús de bateries d'acumulació

Es poden fer servir bateries. En el títol II, Article 5. Punt 5 de real decret d'autoconsum s'estableix: "... es podran instal·lar elements d'acumulació en les instal·lacions d'autoconsum ...". Encara que més endavant s'explicarà quina implicació té el seu ús a l'efecte de pagar càrrecs complementaris, ja que la instal·lació de bateries no s'incentiva.

4.1.4. Procediment de connexió i accés

S'ha de sol·licitar nova connexió elèctrica o modificar l'existent segons el nou real decret d'autoconsum a l'empresa distribuïdora, amb els següents matisos:

- Per a la modalitat tipus 1 amb potència contractada inferior o igual a 10KW, amb dispositiu d'injecció zero (sense abocar excedents a la xarxa): Els usuaris estan exempts del pagament d'estudis d'accés i connexió a la xarxa. Això vol dir que només amb la sol·licitud, la companyia no es pot negar a acceptar el nou punt de connexió.
- Per a la modalitat tipus 1 amb potència contractada inferior o igual a 10KW, sense dispositiu d'injecció zero, o per a la modalitat tipus 2 és aplicable el procediment de connexió que estableix el RD 1699/2011.

4.1.5. Equips de mesura

El real decret d'autoconsum obliga a tenir alguns dispositius de mesura en certs punts de la instal·lació que varien segons el tipus de modalitat.

- Per a la modalitat tipus 1:

És obligatori disposar d'un equip de mesura que registri l'energia neta generada per la instal·lació. És obligatori tenir un altre equip de mesura d'energia independent de l'anterior en el punt de frontera.

- Per a la modalitat tipus 2:

a. Amb caràcter general: és obligatori disposar d'un equip de mesura bidireccional que mesuri l'energia generada neta. Un equip de mesura que registri l'energia consumida total.

b. Si la potència de la instal·lació no és superior a 100kW: és obligatori un equip de mesura bidireccional que mesuri l'energia generada neta. Un equip de mesura bidireccional ubicat en el punt de frontera de la instal·lació.

El reial decret d'autoconsum estableix que opcionalment en la modalitat tipus 1 i en la modalitat tipus 2, si la instal·lació no és superior a 100kW, es pot posar un equip de mesura que registri l'energia total consumida. Aquesta opció no es recomana en cap cas a excepció d'instal·lacions amb bateries, ja que col·locar aquest equip de mesura afecta directament al càlcul dels càrrecs fixos que es detallen en el següent punt.

4.1.6. Càrrecs o impostos addicionals

Hi ha dues possibles càrrecs en funció de les característiques de la instal·lació: El càrrec variable sobre l'autoconsum horari i el càrrec fix segons el terme de potència.

- **Càrrec variable**

S'aplica sobre l'energia produïda i autoconsumida. És la diferència entre tota l'energia produïda i els excedents sobrants abocaments a la xarxa. Queden eximides de pagar aquest impost les instal·lacions de potència inferior o iguals a 10 kW.

- **Càrrec fix**

Càrrec per potència s'aplica en els casos en què la instal·lació compta amb bateries que permetin reduir la potència contractada amb la companyia elèctrica. També s'aplicarà en els casos en què el consum pic supera la potència contractada amb la companyia elèctrica.

En l'article 3 de la disposició transitòria primera: "Règim econòmic transitori d'aplicació a l'autoconsum" detalla: "... S'aplicarà càrrecs fixos en funció de la potència ..." "... per a la modalitat d'autoconsum tipus 1 com per a la modalitat tipus 2 la aplicació d'aquests càrrecs fixos es realitzarà sobre la diferència entre la potència d'aplicació de càrrecs definida a l'article 3 i la potència a facturar a l'efecte d'aplicació dels peatges d'accés. En tots els casos es considerarà aquesta diferència nul·la quan el valor sigui negatiu. "

Segons la definició de l'article 3, la potència d'aplicació de càrrecs és "... la potència requerida per la instal·lació del consumidor en un període tarifari".

La potència d'aplicació de càrrecs fixos és la potència requerida per la instal·lació del consumidor en un període tarifari (article 3). I d'acord amb l'annex I, aquesta potència es calcula de la següent manera:

- Quan hi ha instal·lat un comptador que mesura el consum total del client (consum total és igual al consum del comptador de companyia + la producció solar - els excedents solars), la potència d'aplicació de càrrecs és la que mesura aquest comptador.
- Quan no està instal·lat el comptador en el circuit de consum, la potència d'aplicació de càrrecs serà la mesura pel comptador de companyia (comptador en el punt frontera) que mesura l'energia comprada de la xarxa.
- Per a instal·lacions amb bateries, la potència d'aplicació de càrrecs de serà la suma de la potència màxima registrada pel comptador, més la potència màxima generada per la instal·lació solar.

Els peatges a pagar queden representats per períodes a les taules 4.1 i 4.2.

NT	Peaje de acceso	Cargo fijo (€/kW)					
		Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 4	Periodo 5	Periodo 6
BT	2.0 A ($P_c \leq 10$ kW)	8,989169					
	2.0 DHA ($P_c \leq 10$ kW)	8,989169					
	2.0 DHS ($P_c \leq 10$ kW)	8,989169					
	2.1 A ($10 < P_c \leq 15$ kW)	15,390453					
	2.1 DHA ($10 < P_c \leq 15$ kW)	15,390453					
	2.1 DHS ($10 < P_c \leq 15$ kW)	15,390453					
	3.0 A ($P_c > 15$ kW)	32,174358	6,403250	14,266872			
AT	3.1 A (1 kV a 36 kV)	36,608828	7,559262	5,081433	0,000000	0,000000	0,000000
	6.1A (1 kV a 30 kV)	22,648982	8,176720	9,919358	11,994595	14,279706	4,929022
	6.1B (30 kV a 36 kV)	16,747077	5,223211	7,757881	9,833118	12,118229	3,942819
	6.2 (36 kV a 72,5 kV)	9,451587	1,683097	4,477931	6,402663	8,074908	2,477812
	6.3 (72,5 kV a 145 kV)	9,551883	2,731715	3,994851	5,520499	6,894902	1,946805
	6.4 (Mayor o igual a 145 kV)	3,123313	0,000000	1,811664	3,511473	4,991205	1,007911

Taula 4.1: Càrrec fixe sobre la potència d'aplicació dels càrrecs¹⁰

Peaje de acceso	Cargo transitorio por energía autoconsumida (€/kWh)					
	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 4	Periodo 5	Periodo 6
2.0 A ($P_c \leq 10$ kW)	0,049033					
2.0 DHA ($P_c \leq 10$ kW)	0,063141	0,008907				
2.0 DHS ($P_c \leq 10$ kW)	0,063913	0,009405	0,008767			
2.1 A ($10 < P_c \leq 15$ kW)	0,060728					
2.1 DHA ($10 < P_c \leq 15$ kW)	0,074079	0,018282				
2.1 DHS ($10 < P_c \leq 15$ kW)	0,074851	0,021301	0,014025			
3.0 A ($P_c > 15$ kW)	0,029399	0,019334	0,011155			
3.1A (1 kV a 36 kV)	0,022656	0,015100	0,014197			
6.1A (1 kV a 30 kV)	0,018849	0,016196	0,011534	0,012518	0,013267	0,008879
6.1B (30 kV a 36 kV)	0,018849	0,013890	0,010981	0,011905	0,012871	0,008627
6.2 (36 kV a 72,5 kV)	0,020138	0,016194	0,011691	0,011696	0,011996	0,008395
6.3 (72,5 kV a 145 kV)	0,022498	0,017414	0,012319	0,011824	0,011953	0,008426
6.4 (Mayor o igual a 145 kV)	0,018849	0,013138	0,010981	0,011104	0,011537	0,008252

Taula 4.2: Càrrec variable¹⁰

Aquest impost (tant el càrrec variable com el fix) és el famós impost al sol implantat per l'exministre d'Indústria José Manuel Soria a finals del 2015, aquest no s'està aplicant perquè l'anterior responsable de la política energètica del Govern no va tenir temps de completar el desenvolupament normatiu que requereix l'aplicació d'aquest gravamen a les instal·lacions fotovoltaïques per romandre connectades a la xarxa de subministrament. La llei està aprovada, però falten les ordres ministerials que hauran de desenvolupar la norma. És per això, que el Govern no ha cobrat encara ni un euro per l'impost al sol. Per tant, a l'hora de calcular l'estalvi econòmic i el període de retorn s'estudiaran els dos casos, tenint en compte aquest impost i sense tenir-lo.

4.2. Règim jurídic de la instal·lació proposada

En el present projecte es pretén estudiar la possibilitat de realitzar una instal·lació fotovoltaica per a autoconsum que generi l'energia que consumeixen sis edificis de l'APT, concretament: refugi 1, refugi 2, tinglado 1, tinglado 2, tinglado 3 i tinglado 4. Aquesta instal·lació es col·locaria en una d'aquestes cobertes (o en varies si això ho demanés la demanda energètica).

En aquest cas, al ser una instal·lació connectada a la xarxa (ja que així s'ha demanat l'estudi per l'APT), es considera modalitat d'autoconsum tipus 2, ja que la potència contractada es de 560 KW (superior a 100 KW). Per tant, l'avantatge d'aquest respecte una instal·lació aïllada és que tota la potència que no es pogués subministrar amb l'energia solar seria subministrada per la xarxa. L'inconvenient és que s'hauria de pagar una taxa per a estar connectat a la xarxa elèctrica i pagar per cada kWh generat i autoconsumit (recalcar que de moment aquest impost encara no s'ha cobrat mai). A més, s'hauria d'instal·lar un comptador per a saber l'energia generada per els panells.

5. Demanda energètica

L'APT ha realitzat un estudi del consum aproximat que tindran els sis edificis en un futur proper (el qual s'ha facilitat els consums en hores solars i el consum total per mesos), ja que s'estan realitzant obres per donar-los més ús d'ara en endavant.

El projectista aportarà un segon estudi per assegurar-se que, en la situació actual, la injecció de l'energia excedentària a la xarxa sigui nul·la, o molt baixa, tal com es va demanar des de l'APT. Això és possible perquè per fer aquest segon estudi es tindrà en compte l'excedent d'energia dels edificis connectats al transformador 1 de l'ET 8.1 (no només els sis edificis), el veritable límit entre la propietat de l'APT i la companyia elèctrica. Aquest estudi enlloc d'estudiar la demanda mensual, estudiarà la demanda horària, ja que és així com realment es veu si hi ha excedent d'energia que s'injecta a la xarxa.

Aquests dos estudis de demanda energètica s'utilitzaran posteriorment en l'apartat 6 per dimensionar la instal·lació fotovoltaica. El primer dimensionament utilitzant l'estudi i els criteris demanats per l'APT i el segon amb la demanda actual horària i el criteri del projectista.

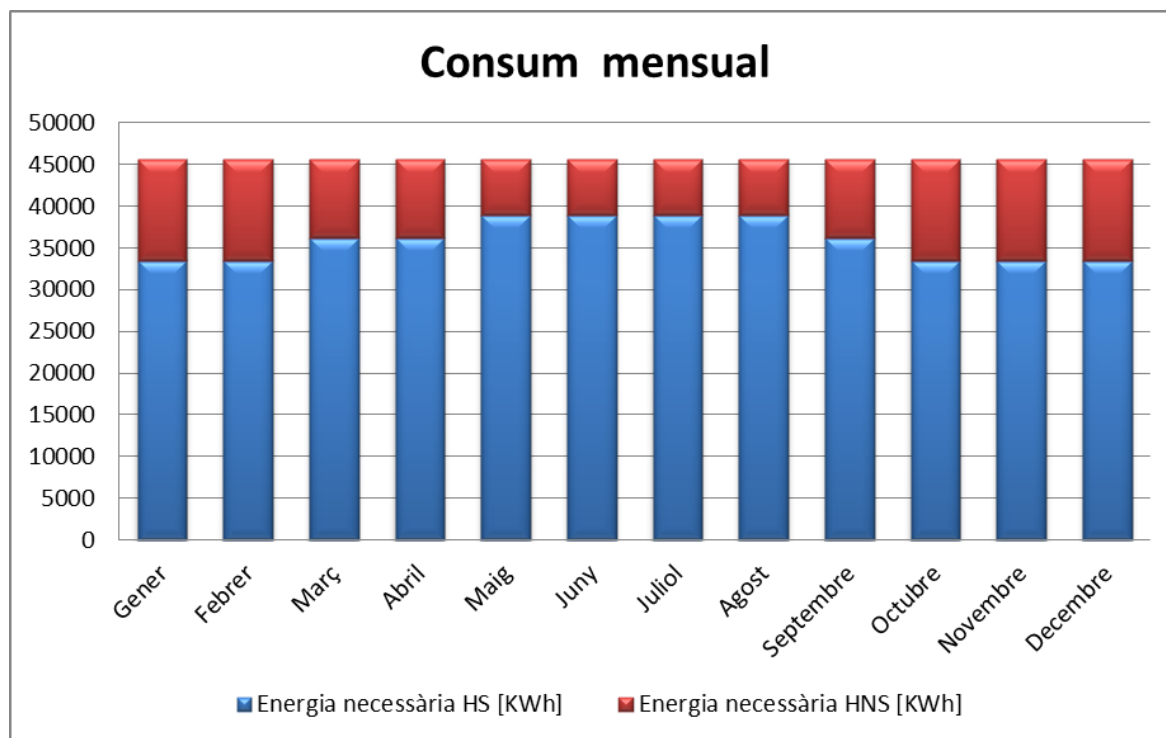
5.1. Estudi APT

En l'estudi facilitat per l'APT, es suposa que els quatre tinglados consumiran el mateix, ja que se'ls hi donarà un ús similar i són d'iguals dimensions. El mateix amb els refugis.

És important diferenciar 2 períodes al llarg del dia:

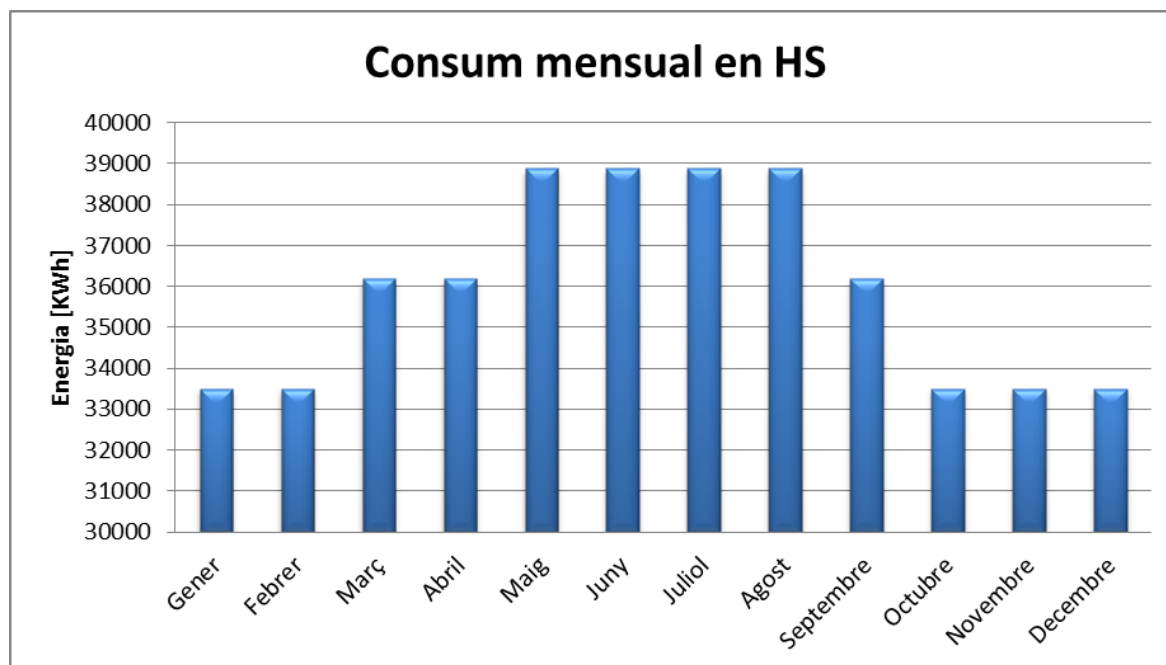
- Hores solars (HS): són aquelles en que hi ha radiació solar i la planta fotovoltaica serà capaç de produir electricitat per ser autoconsumida.
- Hores no solars (HNS): són la resta d'hores del dia.

A la gràfica 5.1 es mostra el consum mensual dels 6 edificis (en blau el consum en HS i en vermell, el consum en HNS).



Gràfica 5.1. Consum mensual

La gràfica 5.2 mostra el consum mensual dels 6 edificis en hores solars d'acord l'estudi fet.



Gràfica 5.2. Consum mensual en hores solars

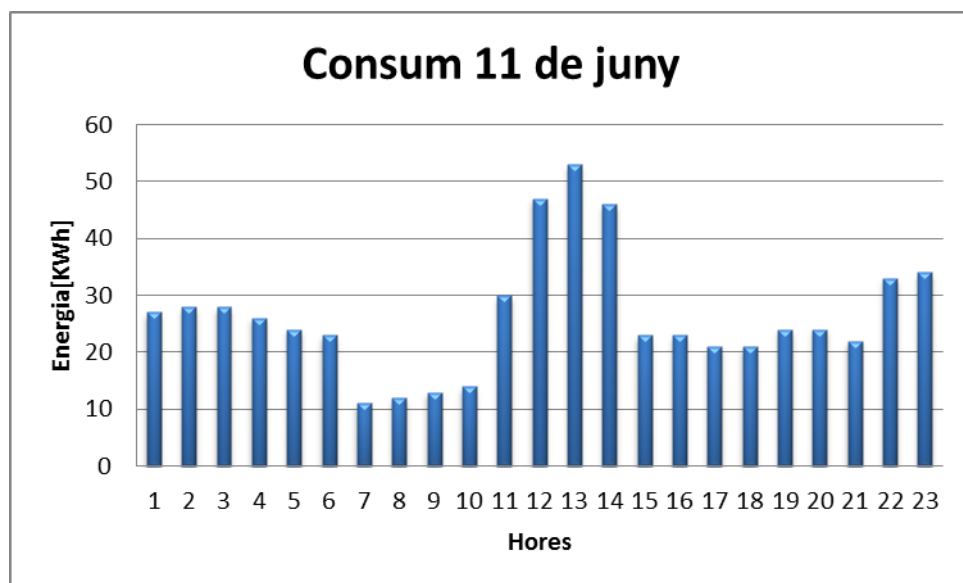
Un cop facilitat l'estudi per l'APT, es demana dimensionar una instal·lació fotovoltaica per tal d'alimentar aquests sis edificis. Al ser un estudi futur sobre la demanda energètica d'aquests edificis i no un consum actual, es suposa que la demanda per hores serà molt similar.

5.2. Estudi projectista

En aquest estudi, s'estudiarà el consum real actual de l'Estació Transformadora 8.1 la qual suposa el veritable límit entre la propietat de l'APT i la companyia elèctrica.

Per veure que realment no hi ha energia excedentària, s'estudiarà el cas més crític, que serà quan l'energia produïda és més gran que la energia consumida. Com durant tot l'any l'energia elèctrica consumida és molt similar, s'estudiarà els mesos on la producció és màxima, juny i juliol. D'aquest cas, s'estudiarà el més crític, el dia amb menys consum. Aquest dia de l'any 2017, ha estat el 11 de juny, amb un consum energètic de 638 KWh.

A la gràfica 5.3 es mostra el consum horari del dia 11 de juny.



Gràfica 5.3. Consum 11 de juny

6. Dimensionar

6.1. Emplaçament i situació de la instal·lació

La instal·lació objecte del present projecte s'instal·larà en una de les sis cobertes de l'APT, situades en el moll de costa del Port de Tarragona.

La primera de les possibilitats és realitzar una instal·lació fotovoltaica per a autoconsum que generi l'energia que consumeixen sis edificis de l'APT, concretament: refugi 1, refugi 2, tinglado 1, tinglado 2, tinglado 3 i tinglado 4. Com el consum d'aquests no és molt elevat, el primer que es farà és un estudi en la coberta del refugi 2, ja que és la coberta més gran, en cas de no arribar a la potència necessària s'agafaria el refugi 1 també per a la instal·lació.

Coordenades geogràfiques refugi 2:

- Lat. 41° 06' 36.479"
- Long. 1° 14' 41.648"
- Altura. 3 m

En les figures 6.1 i 6.2 de l'edifici, es pot observar la façana i la coberta on es volen instal·lar els panells solars. Les dimensions de la coberta es troben en el plànol de l'annex 3.



Figura 6.1. Façana refugi 2



Figura 6.2. Coberta refugi 2

6.2. Radiació incident utilitzada

Els panells fotovoltaics són els encarregats d'efectuar la transformació de la radiació solar en energia elèctrica (apartat 3.1), d'aquí la importància de saber la radiació incident a Catalunya, i més concretament a Tarragona.

Una superfície rebrà diferent radiació en funció de la seva orientació, l'estudi d'ombres particulars i la seva inclinació respecte el pla inclinat.

En la figura 6.3 es pot observar la radiació solar sobre superfície horitzontal a Catalunya; la següent marca correspon a la ubicació del refugi 2 (font Photovoltaic Geographical Information System).

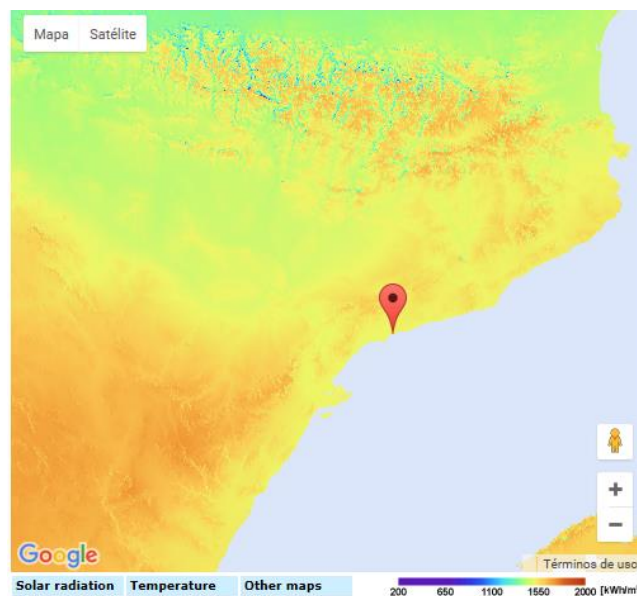


Figura 6.3. Mapa radiació de Catalunya¹¹

De la mateixa font també es pot veure la radiació segons la inclinació i la orientació (figura 7.4), en aquest cas estudiarem la radiació a 19 graus, ja que és la inclinació de la coberta respecte la horitzontal i una orientació de 14 graus (graus azimuth agafant sud=0°), ja que aquesta és l'orientació de la coberta i aquesta no es pot modificar (veure imatge 6.4).

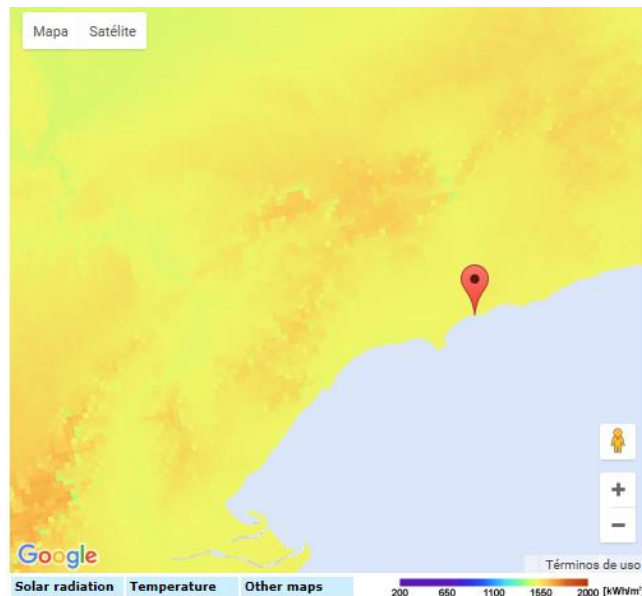


Figura 6.4. Inclinació dels captadors a 19°

6.3. Dades de producció energètica

Es farà l'estudi amb la següent placa de SolarWorld, Sunmodule Plus SW 290 mono.

Es faran dos estudis, el primer demanat per l'APT i el segon recomanat per el projectista.

En la taula 6.5 i la gràfica 6.6 es mostren les dades de producció energètica per la instal·lació fotovoltaica de tant sols una placa, per tant 290Wp de potència instal·lada. Després es calcularà quants mòduls es necessitaran.

La producció es calcula amb l'aplicació Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS), on té en compte el tipus de panell utilitzat, la potència instal·lada, la inclinació de la coberta, els graus azimuth, a més de les següents variables:

Potència nominal del sistema fotovoltaic: 290 W

Pèrdues estimades per temperatura i baixa irradiància: 13,9% (utilitzant la temperatura ambient local)

Pèrdua estimada deguda a efectes de reflectància angular: 3,0%

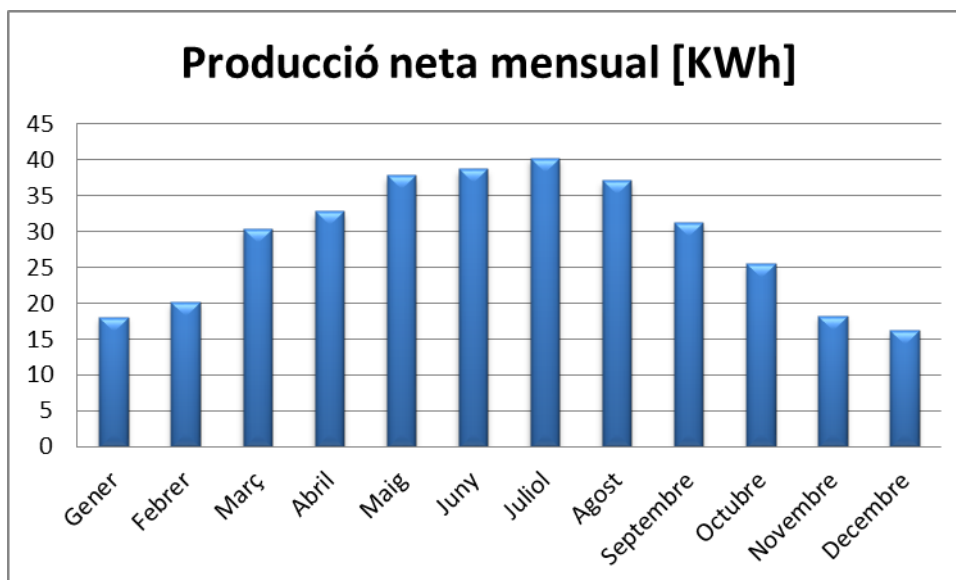
Altres pèrdues (cables, inversor, etc.): 14,0%

Pèrdues del sistema fotovoltaic combinat: 28,2%

Amb totes aquestes dades en el programa PVGIS, obtenim la següent producció (veure taula 6.5 i la gràfica 6.6).

Més	Producció diària (KWh)	Producció neta mensual (KWh)
Gener	0,58	18,1
Febrer	0,72	20,1
Març	0,98	30,4
Abril	1,09	32,8
Maig	1,22	37,8
Juny	1,29	38,7
Juliol	1,3	40,2
Agost	1,2	37,1
Setembre	1,04	31,3
Octubre	0,82	25,5
Novembre	0,61	18,2
Desembre	0,52	16,2

Taula 6.5. Producció energètica d'un mòdul a 19°



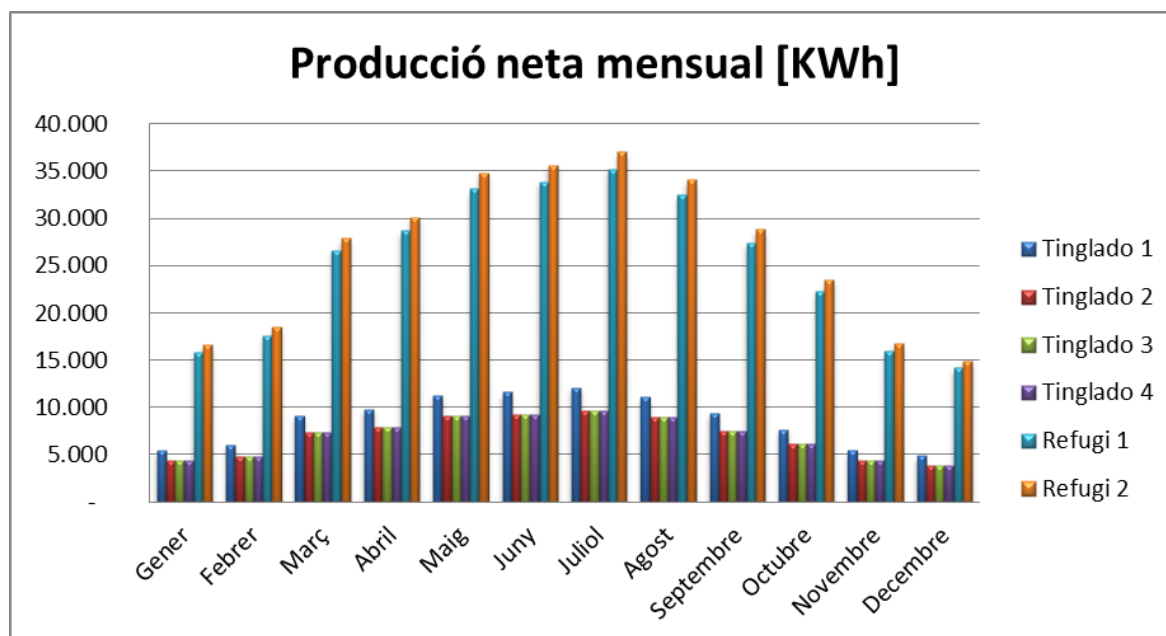
Gràfica 6.6. Producció neta mensual d'un mòdul a 19°

De moment es farà l'estudi de producció maximitzant les 6 cobertes (veure plànols de la distribució dels panells a l'annex), on en la taula 6.7 es pot veure el nombre de panells i la potència instal·lable en cada una de les cobertes.

Edificis	Nº de panells	Potència instal·lable (KWp)
Tinglado 1	300	87
Tinglado 2	240	69,6
Tinglado 3	240	69,6
Tinglado 4	240	69,6
Refugi 1	876	254,04
Refugi 2	920	266,8
TOTAL	2816	816,64

Taula 6.7. Producció neta mensual

Amb aquestes dades i utilitzant el programa PVGIS, podem observar la producció neta mensual que tindria cadascuna d'aquestes cobertes (veure gràfica 6.8).



Gràfica 6.8. Producció neta mensual

6.4. Dades consum i producció

En la taula 6.9, es pot observar l'estudi sobre el consum i la producció de les sis cobertes.

Més	Energia necessària en HS [KWh]	Producció neta mensual [KWh]				
		T1	T2, T3 i T4	R1	R2	Total
Gener	33.496	5.430	4.340	15.800	16.600	50.900
Febrer	33.496	6.040	4.830	17.600	18.500	56.700
Març	36.189	9.110	7.280	26.600	27.900	85.500
Abril	36.189	9.830	7.860	28.700	30.100	92.200
Maig	38.881	11.300	9.070	33.100	34.800	106.000
Juny	38.881	11.600	9.290	33.900	35.600	109.000
Juliol	38.881	12.100	9.650	35.200	37.000	113.000
Agost	38.881	11.100	8.900	32.500	34.100	104.000
Setembre	36.189	9.380	7.510	27.400	28.800	88.100
Octubre	33.496	7.650	6.120	22.300	23.500	71.800
Novembre	33.496	5.460	4.370	15.900	16.700	51.300
Desembre	33.496	4.860	3.890	14.200	14.900	45.600
Anual	431.571	103.860	83.110	303.200	318.500	974.100

Taula 6.9. Energia necessària i capacitat de producció de cada edifici

Com es pot observar en la taula 7.9, la producció (si s'utilitzessin les sis cobertes) és molt superior al consum, per tant, sabent quan pot generar una placa (mirar apartat 7.3), es calcularà quina potència és necessària per no tenir excedent d'energia.

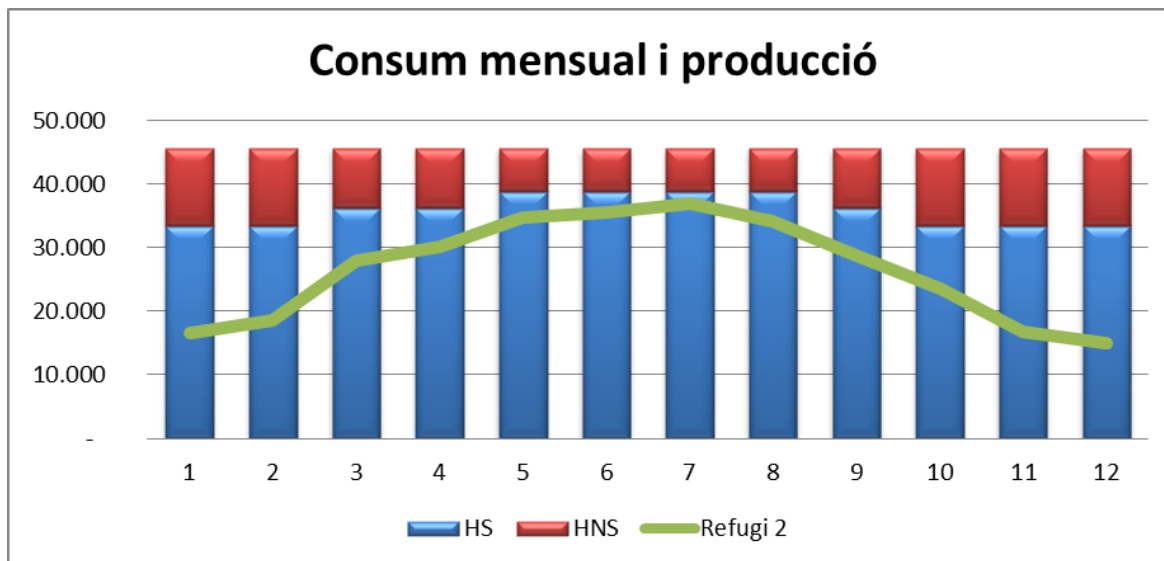
El més de juliol és on hi ha la diferència més gran entre producció i consum, és per tant el més que ens marcarà quina potència instal·lar per tal de no sobredimensionar la instal·lació.

Després de realitzar els càlculs oportuns, s'observa que la potència instal·lable per no tenir excedents és:

$$\frac{\text{Energia consumida en HS el més de juliol}}{\text{Energia produïda al més de juliol per un mòdul}} = \frac{38.881}{40,2} \approx 967 \text{ panells} = 280,43 \text{ KW}$$

Per assegurar que no hi ha excedent d'energia i reduir costos, s'ha decidit fer la instal·lació només en el segon refugi, ja que pot arribar a donar una potència de 266,8 KW.

A la gràfica 6.10 es mostra l'aproximació del consum mensual dels 6 edificis (en blau el consum en HS; en vermell, el consum en HNS) i la producció de la planta fotovoltaica del refugi 2 (línia verda).



Gràfica 6.10. Consum mensual i producció

Com es pot veure en la gràfica 6.10 no hi haurà excedent d'energia, per tant, no es cobrirà tota la demanda energètica amb energia solar. No es complementarà amb més panells en altres edificis pel cost que això implica, a més, com s'ha dit anteriorment, es vol assegurar no tenir excedents d'energia. Tot i així, no es descarta en un futur projecte poder alimentar altres edificis i a la vegada, acabar de cobrir la demanda energètica d'aquests sis edificis amb energia solar.

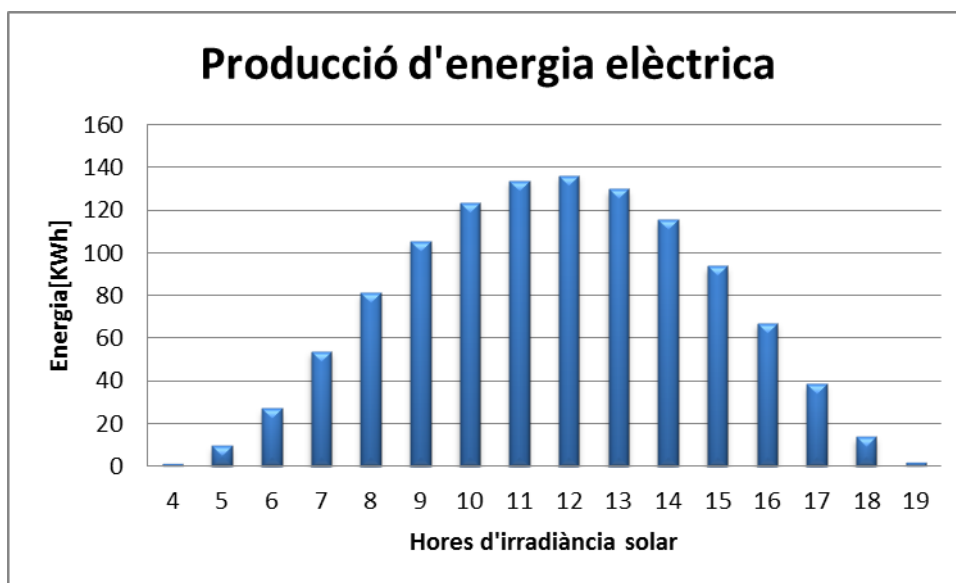
6.5. Estudi producció projectista

Aquest estudi es farà pel refugi 1, ja que aquest apartat ha estat calculat després de l'apartat 8, on es justifica el motiu per el qual es fa en aquest refugi i no en el 2.

Per estudiar la producció, es farà amb la irradiància i no amb la radiació, això es degut a que no tota la radiació arriba a la superfície de la Terra, perquè les ones ultraviolades més curtes són absorbides pels gasos de l'atmosfera. La magnitud que mesura la radiació solar que arriba a la Terra és la irradiància, que mesura la potència que per unitat de superfície que arriba a la Terra. La seva unitat és el W/m^2 .

El programa PVGIS, té les dades de la irradiància solar que rep el refugi 1 segons la inclinació de la coberta i els graus azimut per cada hora del dia. Estudiarem el cas concret pel dia 11 de juny, ja que és un dels dies de l'any on es produeix més energia elèctrica, i és un dels dies de l'any amb menys consum d'energia elèctrica. Per un altre costat, el PVGIS dona la producció diària segons la potència instal·lada de plaques solars. Per tant, n'hi haurà prou en fer una distribució de la producció diària d'acord amb la irradiació per hores.

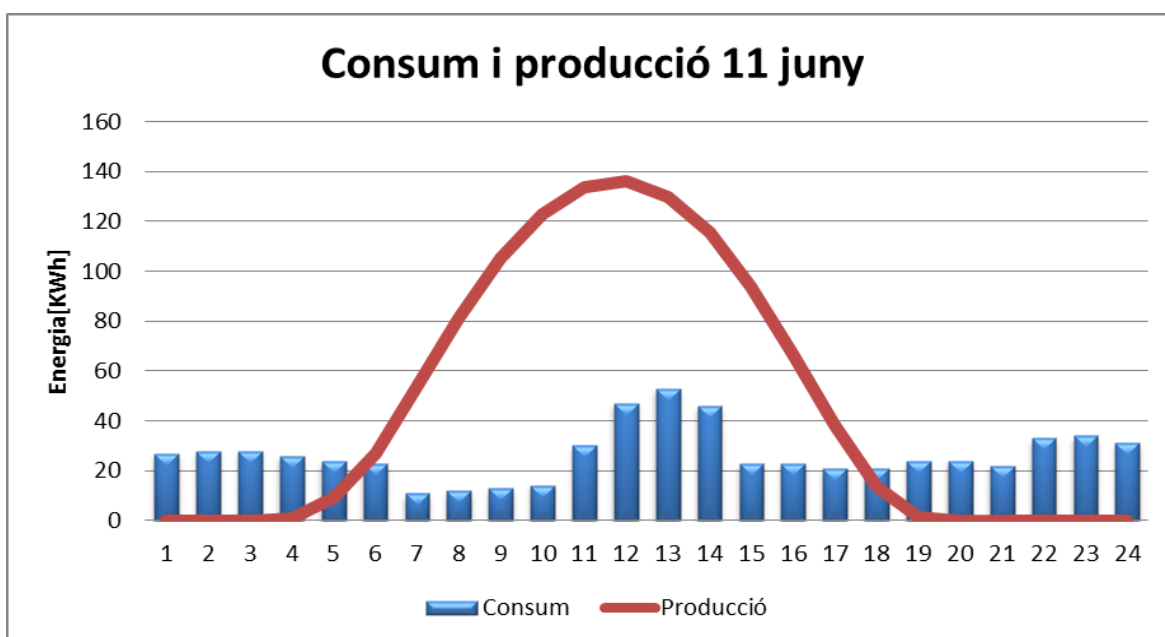
A la gràfica 6.11 es mostra la producció d'energia elèctrica hora per hora al llarg del dia 11 de juny.



Gràfica 6.11. Producció per hores

6.6. Comparativa consum i producció en la situació actual

A la gràfica 6.12 es mostra el consum de la ET 8.1 (en blau) i la producció de la planta fotovoltaica del refugi 1 (línia vermella) pel dia 11 de juny.

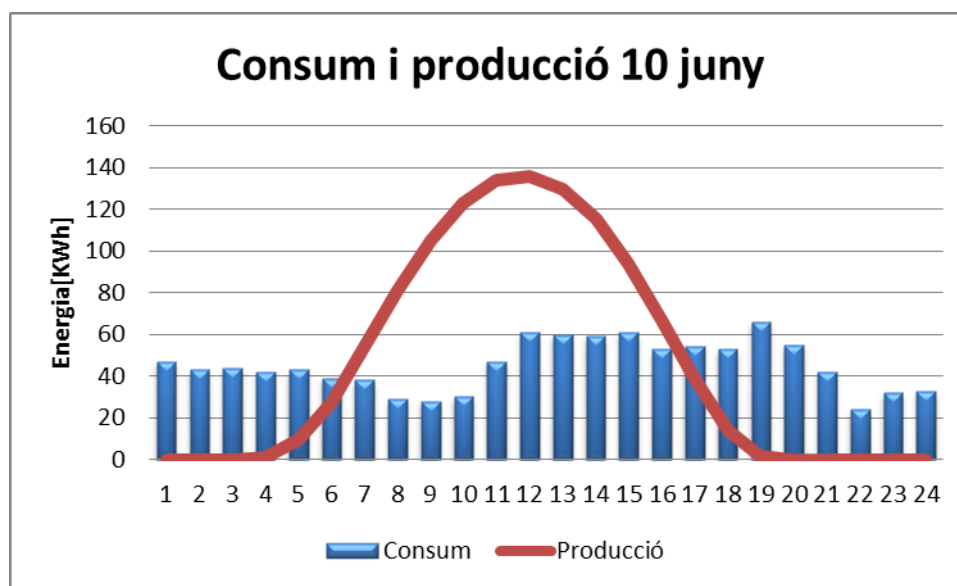


Gràfica 6.12. Consum i producció per hores 11 juny

Com es pot observar en la gràfica 6.12, la producció d'energia elèctrica és molt superior a l'energia consumida. Tot i ser el cas més crític, segons el projectista, tenint en compte la situació actual, la instal·lació està sobredimensionada, per tant, com a mínim, el que s'ha de fer és instal·lar el controlador dinàmic de potència.

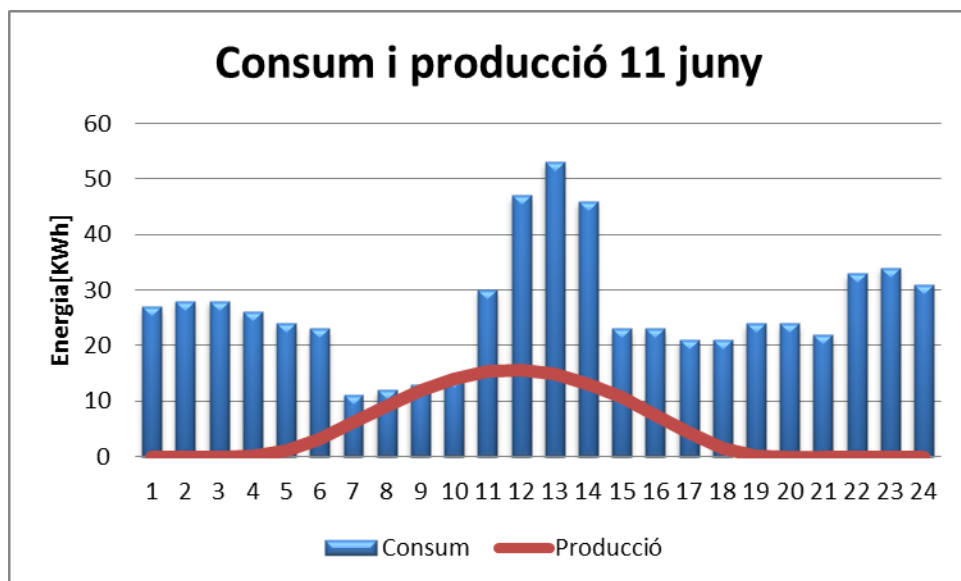
Per verificar que això no només passa en el cas més crític, es farà la mateixa comparativa per un dia estàndard del mes de juny, com per exemple el dia 10 de juny, on el consum va ser de 1083KWh enlloc dels 638KWh del cas crític.

A la gràfica 6.13 es mostra el consum de la ET 8.1 (en blau) i la producció de la planta fotovoltaica del refugi 1 (línia vermella) pel dia 10 de juny.



Gràfica 6.13. Consum i producció per hores, 10 juny

Tot i que la diferència ara és una mica més petita, es veu perfectament que la instal·lació està sobredimensionada segons les condicions actuals. Per tant, si es seguís amb el criteri de no tenir energia excedentària, s'agafa el dia 11 de juny, i es mira per quina potència no hi ha energia excedentària.



Gràfica 6.14. Consum i producció 11 juny

S'observa en la gràfica 6.14, que amb 100 panells fotovoltaics, és a dir, amb una instal·lació d'una potència de 29 KWp, t'assegures que per qualsevol dia de l'any no hi ha energia excedentària.

7. Càlculs justificatius

7.1. Càlculs estructurals

Per saber si realment es pot dur a terme la instal·lació, es farà un càlcul estructural per tal de veure si la coberta es capaç de suportar els mòduls fotovoltaics.

Refugi 2

Per falta de documentació que verifiqui el compliment dels requisits de seguretat estructural (capacitat portant i estabilitat) i aptitud al servei, establerts en el Document Bàsic de Seguretat Estructural (DB-SE), no es podrà dur a terme la instal·lació en la coberta del Refugi 2. Per tant, per similitud de capacitat de producció, es durà a terme l'estudi en el refugi 1.

Refugi 1

El primer que s'ha de comprovar és si el panell de la coberta (tipus sandvitx) suporta el pes propi del panell.

En aquest cas, com els panells es col·loquen paral·lels a la superfície de la coberta (superposats), la sobrecàrrega del vent no es té per què considerar-la, ja que és la mateixa que la que es va usar en calcular l'estructura. El mateix passa amb la sobrecàrrega de neu.

Per tant, el pes propi dels panells FV ($10,74 \text{ kg/m}^2$) no haurà de superar la sobrecàrrega d'ús amb que es va dissenyar la coberta.

El panell tipus sandvitx del qual està formada la coberta està compost per un tauler hidròfug de 16 mm a la part exterior, poliestirè extruït IBF-GV-A de 80 mm de gruix a la capa intermèdia i fris d'avet envernissat i ranurat en la part inferior de 10 mm de gruix. Aquest suporta una sobrecàrrega de 3631 N/m^2 (veure imatge 7.1).

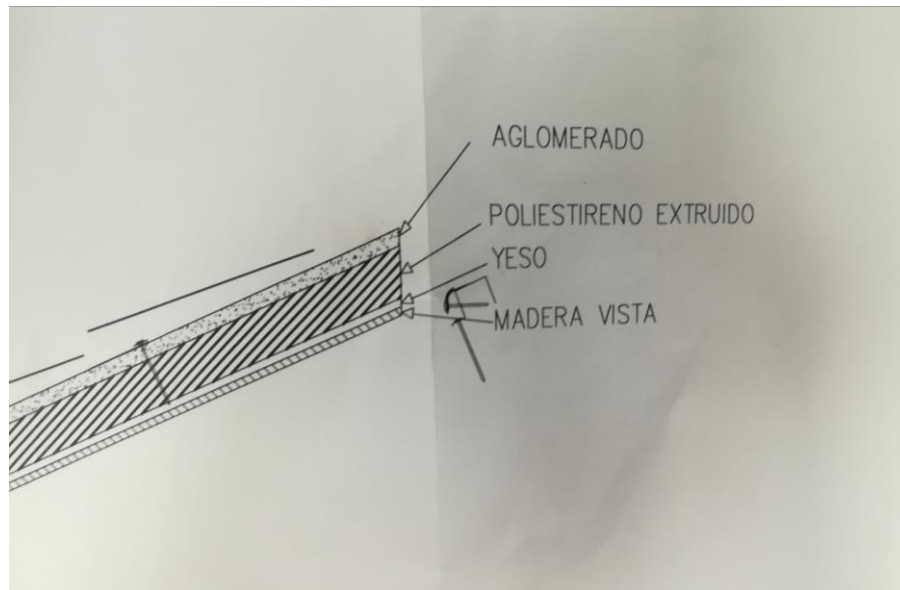


Figura 7.1. Panell tipus sandvitx

El panell fotovoltaic pesa 18,0 Kg i té unes dimensions de 1,675x1,001 m, el que ve a ser un pes de $10,74 \text{ kg/m}^2$, o dit diferent, una força de $105,21 \text{ N/m}^2$.

Per tant, podem confirmar que el panell tipus sandvitx que hi ha a la coberta suportarà els panells fotovoltaics ($105,21 \text{ N/m}^2 \ll 3631 \text{ N/m}^2$).

La segona comprovació que s'ha de fer és si les corretges (bigues d'acer S235 IPN 140) de l'estructures suporten aquest sobrepès. Aquestes són les bigues negres longitudinals de la figura 7.2, que estan col·locades cada 1,5 metres.



Figura 7.2. Corretges

Com es pot observar en la figura 7.2, és una biga birecolzada (en les encavallades), on té una carga uniformement distribuïda. Per dimensionar aquestes es va tenir en compte el “Código Técnico de la Edificación” (CTE) de cobertes a dos aigües, on es tenia en compte les següents cargues:

- **Pes propi del Sandwich:** 235,2 N/m².
- **Sobrecàrrega d'ús:** 0,4 kN/m²
- **Neu:** 0,4 kN/m².
- **Vent** (Acció normal a la superfície): Pressió: 0,57 kN/m² Succió: -2,14 kN/m²

Ara, a més, s'ha de tenir en compte:

- **Pes panell FV:** 105,21 N/m²

Primer cas, totes les forces actuen i del vent actua la pressió:

$$\gamma_s = \frac{\sigma_s}{\sigma_{adm}} = \frac{235}{200,23} = 1,17$$

Sense les plaques el coeficient de seguretat és de 1,25

Segon cas, només actua el pes propi dels panells tipus Sandwich i els panells FV, el vent actua a succió:

$$\gamma_s = \frac{\sigma_s}{\sigma_{adm}} = \frac{235}{219,6} = 1,06$$

Sense els panells FV el coeficient de seguretat era 1,01; per tant a millorat.

Per tant, es pot assegurar que els panells no afectaran a l'estructura, ja que els coeficients de seguretat varien molt poc, a més, el coeficient més perjudicial millora. Es garanteix que sota desviacions aleatòries dels requeriments previstos, hi hagi un marge extra de prestacions per sobre de les mínimes estrictament necessàries.

7.2. Càlculs de la connexió fotovoltaica

En el present apartat es calcularà i definirà la distribució elèctrica dels mòduls fotovoltaics a col·locar en les sèries d'entrada a l'inversor, ja que, els components de l'electrònica de potència d'un sistema fotovoltaic (FV), com els inversors de xarxa directa, tenen entrades de voltatge màximes i mínimes; Per tant, cal ajustar els valors del voltatge del mòdul per satisfer les seves necessitats específiques en cada projecte. Això garanteix el bon funcionament del sistema.

7.2.1. Número de mòduls en sèrie

La sortida de voltatge del mòdul fotovoltaic és un valor variable que es veu principalment afectat per la temperatura. A mesura que la temperatura del mòdul augmenta, el valor de voltatge disminueix i viceversa. Es pot observar aquesta correlació a la Fig. 7.3.

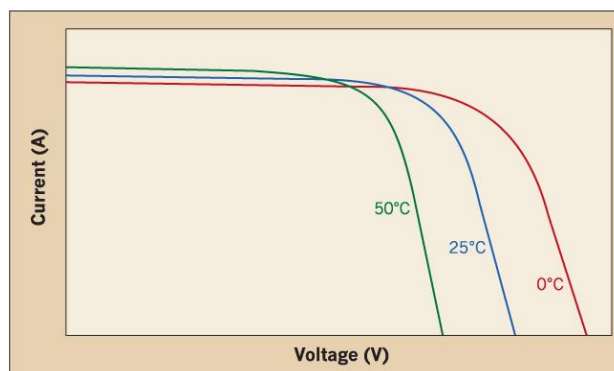


Figura 7.3. Correlació¹²

Per calcular el màxim nombre de mòduls que es poden col·locar en sèrie, es tindran en compte les condicions més desfavorables en les quals es pot funcionar el sistema.

Per tant, es tenen en compte les següents consideracions:

Consideracions ambientals

Localitat	Tarragona
Tª mínima històrica	-5°C
Tª ambient	25°C
Tª alta desfavorable	50°C
Tª baixa desfavorable	-15 °C

Les condicions per a un funcionament ordinari en condicions diverses de temperatura s'obtenen mitjançant:

$$Vmmp_{T_{min}} = Vmmp_{STC} - [(T_{amb} - T_{min}) \cdot V] = 31,9 - [(25 + 15) \cdot 31,9 \cdot \frac{-0,39}{100}] = 36,88V$$

$$Vmmp_{T_{max}} = Vmmp_{STC} - [(T_{amb} - T_{max}) \cdot V] = 31,9 - [(25 - 50) \cdot 31,9 \cdot \frac{-0,39}{100}] = 28,79V$$

$$Vca_{T_{min}} = Vca_{STC} - [(T_{amb} - T_{min}) \cdot V] = 39,6 - [(25 + 15) \cdot 39,6 \cdot \frac{-0,29}{100}] = 44,19V$$

$$Vca_{T_{max}} = Vca_{STC} - [(T_{amb} - T_{max}) \cdot V] = 39,6 - [(25 - 50) \cdot 39,6 \cdot \frac{-0,29}{100}] = 36,73V$$

On,

$Vmpp$ (STC) Tensió de màxima potencia del mòdul [V]

V Variació de la tensió

Vca Tensió de circuit obert del mòdul [V]

Per tant, agafant les dues pitjors opcions (en negreta en els càlculs), es pot calcular el nombre de mòduls en una cadena en sèrie tal com es mostra a continuació:

$$n^{\circ} \text{ màxim de mòduls en sèrie} = \frac{\text{Tensió entrada màxima inversor}}{Vca_{T_{min}}} = \frac{1000}{44,19} = 22,63$$

D'aquesta manera, es pot ubicar un màxim de 22 mòduls en sèrie i romandre per sota del màxim en totes les temperatures que s'esperen al vostre lloc.

$$n^{\circ} \text{ mínim de mòduls en sèrie} = \frac{\text{Tensió entrada mínima inversor}}{V_{mmp_{T_{max}}}} = \frac{150}{28,79} = 5,21$$

Per tant, es necessitaran almenys sis mòduls en una cadena de sèries per mantenir-se per sobre del requisit mínim al vostre lloc.

7.2.2. Número de mòduls en paral·lel

Per calcular el màxim nombre de mòduls que es poden col·locar en paral·lel, es tindran en compte les condicions més desfavorables en les quals es pot funcionar el sistema. Per tant, el nombre de ramals màxims en paral·lel, ha de complir que el corrent de curtcircuit màxim (corrent més desfavorable) d'un ramal pel nombre de ramals connectats en paral·lel sigui menor que el corrent màxim admissible d'entrada a l'inversor.

Per tant, com a molt es pot posar en paral·lel:

$$n^{\circ} \text{ de mòduls en paral·lel} = \frac{\text{Corrent màxima admissible de l'inversor}}{\text{Corrent de curtcircuit del panell}} = \frac{120}{9,75} = 12,31$$

Per tant, tenint en compte totes aquestes consideracions, s'ha decidit ficar 12 sèries de panells de 20 mòduls cada sèrie, amb un total de 4 inversors. Es poden observar els resultats per a cada inversor en la taula 7.4 i la distribució d'aquests en l'annex 4.

Configuració		
Càlcul	Comprovació	
Nº de inversors	4	
Nº de sèries	12	
Nº de panells per cada sèrie	20	
Potència pico total	72 KWp	Menor que 75 KWp
Nº de panells totals	240	
V _{mpp} entrada 25°C	638,0 V	Major que 500 V Menor que 800 V
V _{mpp} entrada 50°C	575,8 V	
V _{mpp} entrada -15°C	737,5 V	
V _{ca} entrada a 25°C	792,0 V	Menor que 1000 V
V _{ca} entrada a 50°C	734,6 V	
V _{ca} entrada a -15°C	883,8 V	
I _{cc} entrada a 25°C	117,0 A	Menor que 120 A
I _{cc} entrada a 50°C	118,5 A	
I _{cc} entrada a -15°C	114,7 A	

Figura 7.4. Resultats per a cada inversor

7.3. Càlculs elèctrics

7.3.1. Secció de cablejat

Un dels criteris per dimensionar la secció del cablejat (veure distribució del cablejat en l'annex 5) tant de contínua com d'alterna és considerar la caiguda de tensió màxima per a cada línia, que segons el Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió (REBT), si ITC-BT-40/5, indica que ha de tenir un valor màxim de 1,5%.

La generació del corrent es realitza en corrent continu. En l'inversor s'utilitza el seguiment del punt de màxima potència MPPT (Maximum Power Point Tracking) és una tècnica utilitzada comunament per maximitzar la potència en totes les condicions (explicat en l'apartat 4.2). És per això, que per calcular la secció, s'utilitzarà la tensió i la intensitat màximes de treball. Les sèries tindran una tensió de treball de $V_{MPPT}=638$ V i una intensitat de treball de $I_{MPPT}=9,20$ A.

7.3.1.1. Criteri de la caiguda de tensió

Per calcular les seccions del cablejat s'han utilitzat les següents fórmules:

- Línies trifàsiques:
$$S = \sqrt{3} \cdot \frac{L \cdot I}{K \cdot \Delta U}$$

- Línies monofàsiques i de corrent continu:
$$S = 2 \cdot \frac{L \cdot I}{K \cdot \Delta U}$$

Sent,

- S Secció en mm^2
- L Longitud en metres
- K Coeficient de conductivitat del coure a 40°C ($K=51,5$).
- ΔU Caiguda de tensió en el punt MPPT en volts
- I Intensitat de treball en el punt MPPT en amperes

A la sortida de l'inversor, per saber la intensitat s'ha utilitzat la següent fórmula:

- Línies trifàsiques:
$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi}$$

Sent,

- P Potència nominal de sortida de l'inversor en vats
- V Tensió nominal de sortida de l'inversor en volts

Un cop la secció estàndard escollida, es prossegueix amb el càlcul de la caiguda de tensió, on s'han tingut en compte les següents equacions:

- Línies trifàsiques:
$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot \left(\rho \cdot \frac{L}{S} \cdot I \cdot \cos \varphi + \chi \cdot \sin \varphi \right)$$

- Línies monofàsiques :
$$\Delta U = 2 \cdot \left(\rho \cdot \frac{L}{S} \cdot I \cdot \cos \varphi + \chi \cdot \sin \varphi \right)$$

- Línies corrent continu:
$$\Delta U = 2 \cdot \rho \cdot \frac{L}{S} \cdot I = 2 \cdot R \cdot I$$

Sent,

- ρ Resistivitat del cable a 40 °C (Resistivitat del coure = $0.019 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$)
- $\cos \varphi$ Factor de potència de la instal·lació ($\cos \varphi = 1$)

Aquests càlculs es faran per cadascun dels cables, per veure un exemple es mostra el càlcul de la secció més desfavorable, sèrie 4.8 (inversor 4 sèrie 8) (L=260m).

En el següent exemple, com es té $\cos \varphi = 1$ (mirar característiques inversor apartat 3.2.1), per lo tant, $\sin \varphi = 0$, aquest terme no s'escriu en la resolució.

$$S = 2 \cdot \frac{L \cdot I}{K \cdot \Delta U} = 2 \cdot \frac{260 \cdot 9,20}{51,5 \cdot 0,015 \cdot 638} = 9,71 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{Secció normalitzada } 10 \text{ mm}^2$$

$$\Delta U = 2 \cdot \rho \cdot \frac{L}{S} \cdot I = 2 \cdot 0,019 \cdot \frac{260}{10} \cdot 9,20 = 9,09 \text{ V} \rightarrow \text{Cdt} = \frac{\Delta U}{V} \cdot 100 = 1,42\%$$

Càlcul de l'inversor a la caixa general de protecció (CGP), tenint en compte que no pots superar la caiguda de tensió total ($\text{cdt}_{\text{TOTAL}} = \text{cdt}_{\text{CC}} + \text{cdt}_{\text{CA}}$) del 1,5%. Per tant, haurem de adaptar la secció del cablejat per a que això es compleixi, ara es té CA.

$$\text{Cdt}_{\text{TOTAL}} = 1,50\% \rightarrow \text{cdt}_{\text{CA}} = 0,08\% \rightarrow \Delta U = V \cdot \text{cdt}_{\text{CA}} = 400 \cdot 0.08\% = 0,32 \text{ V}$$

$$I = \frac{P_{Total}}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi} = \frac{50000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 1} = 72,17 \text{ A}$$

$$S = \sqrt{3} \cdot \frac{L \cdot I}{K \cdot \Delta U} = \sqrt{3} \cdot \frac{5 \cdot 72,17}{51,5 \cdot 0,32} = 37,93 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{Secció normalitzada } 50 \text{ mm}^2$$

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot \rho \cdot \frac{L}{S} \cdot I \cdot \cos \varphi = \sqrt{3} \cdot 0,019 \cdot \frac{5}{50} \cdot 72,17 \cdot 1 = 0,238 \text{ V} \rightarrow \text{cdt}_{CA} = 0,06\%$$

Així, finalment, **CDT DESFAVORABLE=1,42+0,06=1,48%**

A les taules 7.5, 7.6, 7.7 i 7.8 es mostren resumides les caigudes de tensió de les línies en tots els trams de la instal·lació fins a l'inversor corresponen (Veure distribució de les línies en l'annex 4).

✓ Inversor 1

CRITERI DE LA CAIGUDA DE TENSIÓ

UNIÓ MÒDULS- INVERSOR

Sèrie	Secció (mm ²)	Longitud (m)	V sèrie (V)	I sèrie (A)	Cdt (%)
1.1	1,5	35	638	9,20	1,28
1.2	1,5	38	638	9,20	1,39
1.3	2,5	41	638	9,20	0,90
1.4	2,5	44	638	9,20	0,96
1.5	2,5	47	638	9,20	1,03
1.6	2,5	50	638	9,20	1,10
1.7	2,5	58	638	9,20	1,27
1.8	2,5	61	638	9,20	1,34
1.9	4	105	638	9,20	1,44
1.10	6	108	638	9,20	0,99
1.11	6	136	638	9,20	1,24
1.12	6	139	638	9,20	1,27

UNIÓ INVERSOR-CGP

I total (A)	Tensió (V)	Longitud (m)	Secció (mm ²)	Cdt (%)
72,17	400	5	50	0,06

1,48 % CDT DESFAVORABLE

Taula 7.5. Resultats inversor 1

✓ Inversor 2

CRITERI DE LA CAIGUDA DE TENSIÓ**UNIÓ MÒDULS- INVERSOR**

Sèrie	Secció (mm ²)	Longitud (m)	V sèrie (V)	I sèrie (A)	Cdt (%)
2.1	6	115	638	9,20	1,05
2.2	6	118	638	9,20	1,08
2.3	6	121	638	9,20	1,11
2.4	6	124	638	9,20	1,13
2.5	6	127	638	9,20	1,16
2.6	6	130	638	9,20	1,19
2.7	4	72	638	9,20	0,99
2.8	4	75	638	9,20	1,03
2.9	4	78	638	9,20	1,07
2.10	4	81	638	9,20	1,11
2.11	4	84	638	9,20	1,15
2.12	4	87	638	9,20	1,19

UNIÓ INVERSOR-CGP

I total (A)	Tensió (V)	Longitud (m)	Secció (mm ²)	Cdt (%)
72,17	400	5	50	0,06

1,25 % CDT DESFAVORABLE*Taula 7.6. Resultats inversor 2*

✓ Inversor 3

CRITERI DE LA CAIGUDA DE TENSIÓ**UNIÓ MÒDULS- INVERSOR**

Sèrie	Secció (mm ²)	Longitud (m)	V sèrie (V)	I sèrie (A)	Cdt (%)
3.1	10	195	638	9,20	1,07
3.2	10	198	638	9,20	1,08
3.3	10	201	638	9,20	1,10
3.4	10	204	638	9,20	1,12
3.5	10	207	638	9,20	1,13
3.6	10	210	638	9,20	1,15
3.7	10	170	638	9,20	0,93
3.8	10	167	638	9,20	0,92
3.9	10	164	638	9,20	0,90
3.10	10	161	638	9,20	0,88
3.11	6	158	638	9,20	1,44
3.12	6	155	638	9,20	1,42

UNIÓ INVERSOR-CGP

I total (A)	Tensió (V)	Longitud (m)	Secció (mm ²)	Cdt (%)
72,17	400	5	20	0,06

1,50 % CDT DESFAVORABLE*Taula 7.7. Resultats inversor 3*

✓ Inversor 4

CRITERI DE LA CAIGUDA DE TENSÍO**UNIÓ MÒDULS- INVERSOR**

Sèrie	Secció (mm ²)	Longitud (m)	V sèrie (V)	I sèrie (A)	Cdt (%)
4.1	10	231	638	9,20	1,27
4.2	10	233	638	9,20	1,28
4.3	10	235	638	9,20	1,29
4.4	10	236	638	9,20	1,29
4.5	10	238	638	9,20	1,30
4.6	10	240	638	9,20	1,32
4.7	10	246	638	9,20	1,35
4.8	10	260	638	9,20	1,42
4.9	10	220	638	9,20	1,21
4.10	10	214	638	9,20	1,17
4.11	10	170	638	9,20	0,93
4.12	10	173	638	9,20	0,95

UNIÓ INVERSOR-CGP

I total (A)	Tensió (V)	Longitud (m)	Secció (mm ²)	Cdt (%)
72,17	400	5	50	0,06

1,48% CDT DESFAVORABLE*Taula 7.8. Resultats inversor 4*

Per tant, podem afirmar que el cablejat compleix el REBT.

7.3.2. Proteccions**7.3.2.1. Continua****7.3.2.1.1 Sobrecàrregues i curtcircuits**

La protecció de les línies de contínua es realitzarà mitjançant fusibles, ja que aquests es fonen obrint el circuit i impedit que es danyin altres elements de la instal·lació.

Les dues condicions que han de complir els fusibles de la línia que es pretén protegir, són les següents:

- Condició 1: $I_B \leq I_n \leq I_z$

On:

I_B és la intensitat per a la que s'ha dissenyat el circuit segons la previsió de càrregues

I_n corrent nominal del fusible

I_z : corrent màxim admissible del conductor protegit. S'obté amb la Taula A.52-1 BIS (UNE 20460 -5-523: 2004) adjunta en el annex 7.

I_f : corrent que garanteix el funcionament efectiu de la protecció. Aquest s'obté de la taula 7.9.

I_n (A)	Tiempo convencional (h)	k Corriente convencional de fusión
$I_n \leq 4$	1	$2,1 I_n$
$4 < I_n \leq 16$	1	$1,9 I_n$
$16 < I_n \leq 63$	1	$1,6 I_n$
$63 < I_n \leq 160$	2	$1,6 I_n$
$160 < I_n \leq 400$	3	$1,6 I_n$
$400 < I_n$	4	$1,6 I_n$

Taula 7.9. Corrent convencional de fusió

Aquesta primera condició indica físicament que el fusible ha de deixar passar el corrent necessari per a què la instal·lació funcioni segons la demanda prevista, però no ha de permetre que s'assoleixi un corrent que deteriori el cable, concretament, el seu aïllament, que és la part feble. Tenint en compte el cablejat de menor secció entre els panells i l'inversor ($1,5\text{mm}^2$):

$$9,20 \text{ A} \leq I_n \leq 15$$

- Condició 2: $I_f \leq 1,45 \cdot I_z$ ($1,9 \cdot 10 \leq 1,45 \cdot 15$)

Per tant, com es compleixen les dues condicions, la protecció de les línies de contínua es realitzarà mitjançant fusibles de 10 A, tal com es mostra en l'esquema multifilar del document plans.

Poder de tall: El seu poder de tall (PdT) ha de ser com a mínim igual al corrent de curtcircuit màxima ($I_{CC\text{màxima}}$), suposada en el punt on està instal·lat:

$$PdT \geq I_{CC\text{màxima}}$$

$$I_{cc\text{màxima}} = \frac{0,8U}{R} = \frac{0,8 \cdot 400}{0,494} = 947,78 \text{ A}$$

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S} = 0,019 \cdot \frac{260}{10} = 0,494 \Omega$$

S'instal·laran fusibles marca df electric, de tensió nominal 1000 V_{DC} i 30 kA de poder de tall. Tot i necessitar un poder de tall molt menor, els estàndards són de 30 kA. Es pot observar el fusible en la figura 7.10.

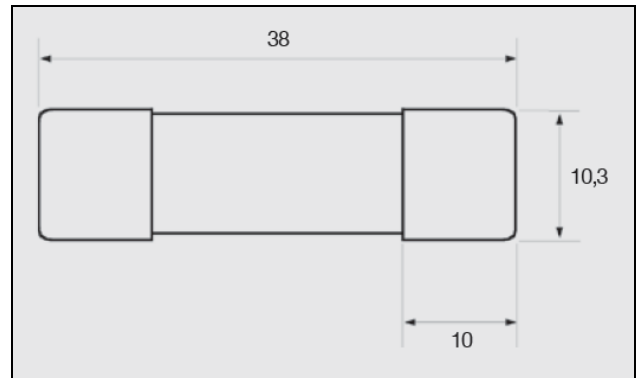


Figura 7.10. Fusible¹³

Les bases portafusibles seran adequades per a fusibles cilíndrics de 38 mm de longitud, segons les especificacions anteriors (veure figura 7.11).

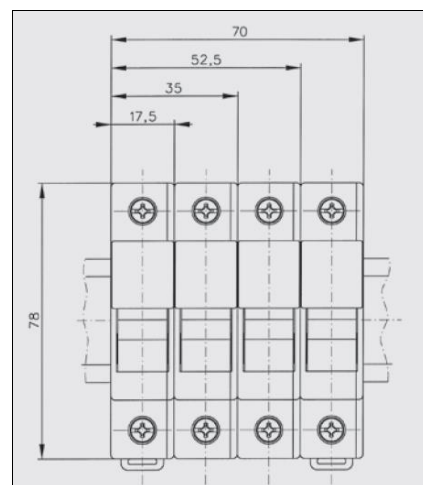


Figura 7.11. Portafusibles

7.3.2.1.2 Sobretensions

Les sobretensions transitòries són un augment de voltatge de molt curta durada, mesurat entre conductors o entre conductor i terra. Poden ser degut a descàrregues elèctriques atmosfèriques (llamps), a processos de commutació (obertura i tancament de circuits elèctrics) o a avaries (veure figura 7.12).



Figura 7.12. Sobretensions¹⁴

En el cas de les instal·lacions fotovoltaïques les sobretensions solen donar-se principalment en l'obertura dels circuits alimentats per inversors.

En la protecció enfront de sobretensions existeixen 3 tipus principals de protecció clarament diferenciats, classificats en funció dels requeriments exigits segons la càrrega d'energia a la qual es va a sotmetre el dispositiu. Aquest requeriment, que depèn del tipus d'ona de treball, divideix en:

- ✓ Protecció Tipus 1: enfront de corrents produïdes per descàrregues directes de raig. S'empren descarregadors de corrent de raig.
- ✓ Protecció Tipus 2: enfront de sobretensions de raig indirectes, commutacions, induccions, etc. S'empren descarregadors de sobretensions.
- ✓ Protecció Tipus 3: específica d'equips finals, sol ser de paràmetres reduïts en comparació amb els dos tipus anteriors. S'empren varistors.

En general, es pot aconseguir una protecció de la instal·lació mitjançant un dispositiu de tipus 2, instal·lat el més a prop possible de l'origen de la instal·lació interior, tot i això, quan l'edifici presenti un sistema de protecció externa contra llamps, serà necessari a més, instal·lar a l'origen de la instal·lació un dispositiu de tipus 1. En el nostre cas, utilitzarem un dispositiu tipus 2, que s'emprarà per a la instal·lació objecte, de manera que s'instal·larà una protecció entre els mòduls i inversors (una per cada entrada a l'inversor) i entre aquests i el punt d'evacuació, tal com s'indica en l'esquema unifilar adjunt.

Els descarregadors de sobretensions estan dissenyats per fer front a pertorbacions amb forma d'ona 8/20 μ s (ona que als 8 μ s presenta el seu valor màxim, i als 20 μ s seu valor mitjà). Poden emprar-se com a complement al descarregador de corrent de raig per descarregar el corrent residual que queda un cop actuades les proteccions de tipus 1, però això no és el propòsit d'aquest projecte. L'ús d'aquestes proteccions anirà enfocat a descarregar les sobretensions ocasionals o de maniobra originades en la instal·lació.

Protecció sobretensions DC:

Per a escollir-los la tensió nominal d'aquests ha de ser superior a la tensió en buit dels panells. A partir de la intensitat màxima es troba el dispositiu idoni.

La tensió de circuit obert dels panells és de 39,6 V, al haver-hi vint panells en sèrie la tensió total és de 792 V, per tant es buscarà un descarregador de sobretensions que tingui una tensió nominal superior a aquest valor.

Es farà servir el descarregador de sobretensions DEHNguard M YPV SCI 1000, de Tipus 2 (veure figura 7.13), que és un dispositiu combinat de desconexió i curtcircuit que, en actuar, permet descarregar a terra i posteriorment commutar amb un fusible que, al fondre, separa el circuit de terra i evita que quedi curtcircuitat.

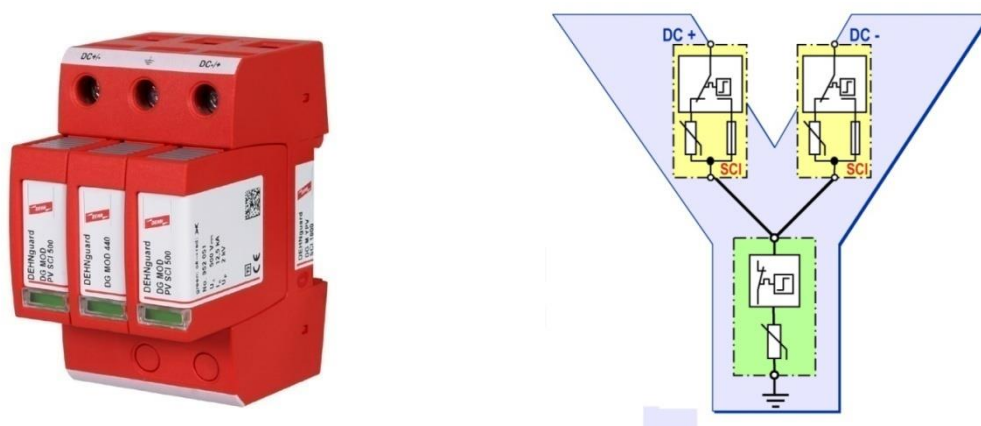


Figura 7.13. Descarregador de sobretensions¹⁴

Al seu torn, un cop ha actuat, en tenir aquesta separació elèctrica dels seus mòduls de protecció sobrecarregats respecte de terra per mitjà del fusible integrat esmentat, permet un recanvi segur dels mòduls de protecció sense formació d'arc.

7.3.2.1.3 Contactes indirectes

L'interruptor diferencial és un equip elèctric de protecció contra derivacions elèctriques a terra. Aquestes derivacions suposen un perill d'electrocució per contacte directe o indirecte per les persones.

La norma CEI 755 defineix tres tipus de diferencials: els de classes AC, A i B, a triar segons el corrent diferencial a detectar. La classe AC s'usa per corrents alternes sinusoïdals. La classe A per a corrents alternes sinusoïdals, contínues polsants, o contínues polsants amb una component contínua de 6 mA. Finalment la classe B s'usa per a les mateixes corrents

que la classe A però, a més, per a les procedents de rectificadors que produeixen corrent continu.

Així doncs, s'ha de fer ús d'un interruptor diferencial de classe B.

La intensitat nominal és de 72,17 A, i la intensitat màxima que pot suportar el cablejat és de 94,85A. El poder de tall serà inferior o igual a 300mA segons REBT.

$$S = \sqrt{3} \cdot \frac{L \cdot I}{K \cdot \Delta U} \rightarrow I = \frac{S \cdot K \cdot \Delta U}{\sqrt{3} \cdot L} = \frac{25 \cdot 51,5 \cdot 0,638}{\sqrt{3} \cdot 5} = 94,85 A$$

$$72,17 A \leq I_n \leq 94,85$$

Així doncs, s'escollirà un diferencial d'intensitat nominal 80A i poder de tall de 300mA.

7.3.2.2. Alterna

A la part d'alterna de l'inversor es disposarà de protecció de mínima i màxima tensió ajustats al 85% i 110% respectivament de la tensió nominal de la xarxa i de protecció de mínima i màxima freqüència ajustada a 51 i 49 Hz respectivament.

També es situarà a l'interior de l'inversor un contactor per a realitzar les funcions de connexió-desconnexió de xarxa controlades pels relés de màxima / mínima tensió i freqüència.

7.3.2.2.1 Sobrecàrregues i curtcircuits

Cada inversor vindrà protegit per un interruptor magnetotèrmic. És un aparell capaç d'establir, suportar i interrompre corrents en les condicions nominals de funcionament del circuit, això com d'establir, suportar durant un temps especificat i interrompre corrents de sobrecàrrega i curtcircuit que es puguin produir a la instal·lació elèctrica situada per sota de l'interruptor.

Per aquests dispositius s'ha de verificar que es compleix la condició: $I_B \leq I_n \leq I_z$

Per als magnetotèrmics que es troben abans de la sortida de la instal·lació la intensitat nominal és de 72,17A, i la intensitat màxima que pot suportar el cablejat és de 94,85A:

$$72,17 A \leq I_n \leq 94,85 A$$

Per tant, s'ha d'utilitzar un magnetotèrmic de intensitat nominal 80A.

El poder de tall serà de 10 KA segons la norma UNE-EN 60947-2 per a totes les aplicacions on aquells que treballen amb elles són qualificats.

En el mateix quadre de proteccions d'alterna es disposarà d'un interruptor tetrapolar general manual, de 140 A i 20 KA de poder de tall. Aquest magnetotèrmic general tindrà acoblat un auxiliar diferencial tipus A (per corrents diferencials alterns amb components de continua), i de 300 mA de sensibilitat.

7.3.2.2.2 Sobretensions

Com s'ha explicat en el apartat de sobretensions en continua, es farà servir un descarregador de sobretensions de tipus 2. Al descarregador de sobretensions triat en cada cas se li exigiran tres condicions:

- Capacitat de derivació de múltiples corrents de xoc 8/20 µs sense destruir-se (almenys unes 20 vegades)
- El valor llindar (tensió d'actuació, U_0) el trobes entre el valor de la tensió nominal de l'equip protegit (U_N) i la seva rigidesa dielèctrica ($U_{Als}=V_{Max, inversor}$).

Com estem en CA, el que protegim són els inversors, amb una tensió nominal de 400 volts

entre fases, per tant, com es col·loquen entre fase i neutre es té:

$$V_{FN} = \frac{V_L}{\sqrt{3}} = 230,94V \rightarrow$$

S'utilitzarà el descarregador de sobretensions DEHNguard M TT 275, de tipus 2. Que té una tensió d'actuació de 275 V.

$$U_N \leq U_0 \leq U_{Als} \rightarrow 230,94V \leq 275V \leq 1000V$$

- El nivell de protecció ha de ser més baix que la tensió d'aïllament dels equips instal·lats i als quals protegeix (la tensió residual, U_R , ha de ser menor que la rigidesa dielèctrica de l'aparell protegit ($V_{Max, inversor}$)).

D'acord amb la següent corba característica del dispositiu elegit, la tensió residual per un corrent de 200 ampers és d'aproximadament 700 volts, la qual cosa encaixa dins dels valors desitjats ja que els inversors empleats no aportaran mai majors valors d'intensitat (ja que són fonts d'intensitat i el que fan és ajustar la tensió).

$$U_R \leq U_{Als} \rightarrow 700V \leq 1000V$$

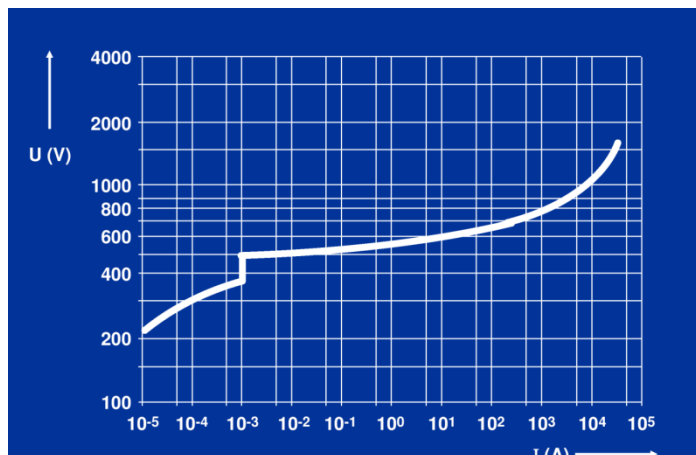


Figura 7.13. Corba característica del dispositiu elegit

7.3.2.2.3 Contactes indirectes

Pel que fa a la posada a terra el RD 1699/2011 en el seu article 15 indica que la posada a terra es realitzarà de forma que no alteri la de la companyia elèctrica distribuïdora, per tal de no transmetre defectes a la mateixa.

Segons les especificacions de l'ITC 24 del REBT, totes les masses dels equips elèctrics han de ser interconnectades i unides per un conductor de protecció a una mateixa terra. Es connectaran les masses al born de posada a terra de l'edifici, tal com s'indica a la nota d'interpretació tècnica de l'equivalència de la separació galvànica de la connexió d'instal·lacions generadores en baixa tensió.

La posada a terra de la instal·lació solar fotovoltaica compleix els requisits del REBT ITC 18, pel que fa a seccions dels conductes, piques de terra, unió de masses i disseny del sistema de terres (veure taula 7.14).

Secció dels conductors de fase de la instal·lació S (mm ²)	Secció mínima dels conductors de protecció S_p (mm ²)
$S \leq 16$	$S_p = S$
$16 < S < 35$	$S_p = 16$
$S > 35$	$S_p = S/2$

Taula 7.14. Requisits REBT ITC 18¹⁵

El valor de la posada a Terra serà tal que cap massa pugui arribar a una tensió de contacte d'un valor superior a 24 V, tensió de seguretat per al cos humà en locals humits.

La instal·lació ha de portar incorporat un interruptor diferencial en la part de corrent altern de 300 mA de sensibilitat. Per tant la resistència de posada a terra més desfavorable no podrà ser superior al valor donat per:

$$R_T = 24V / 300mA = 80\Omega$$

7.3.2.2.4 Protecció contra harmònics

El problema dels harmònics pot aparèixer per dues causes. La primera, provocats des de l'exterior a causa de que a la xarxa subministradora hagi càrregues que els produeixin (aquests harmònics podrien afectar el funcionament dels elements de l'ATP). La segona, provocats des de l'interior per consums de l'ATP (aquests harmònics a més de poder estendre's per la xarxa, afectarien de forma directa a les càrregues de l'ATP).

En els primers dels casos, no hi ha cap consum des de la companyia subministradora cap a la instal·lació solar fotovoltaica, els elements de la mateixa no es poden veure afectats per harmònics que poguessin existir en la xarxa. És a dir, la distorsió harmònica en l'escomesa (a l'entrada de la instal·lació) és reduïda (molt inferior al límit del 5% que fixen les normes) per lo que no afecta el comportament de la instal·lació fotovoltaica.

D'altra banda, en el segon cas, a la instal·lació solar fotovoltaica l'únic element que pot generar harmònics és l'inversor de connexió a xarxa.

El mateix fabricant d'inversors estableix una taxa màxima de distorsió en el senyal inferior al 3% (THD) de manera que compleixen amb la normativa vigent.

La norma MI-BT ICT 40 és la que estableix uns rangs màxims de distorsió harmònica que ha de complir la instal·lació generadora, d'acord amb totes les parts, incloses les companyies subministradores.

8. Dades ambientals

La instal·lació fotovoltaica s'ha dissenyat en tot moment tenint en compte i reduint al màxim les possibles afectacions mediambientals.

Tots els elements constructius seran reciclables i no tindran cap reacció ni afectació sobre el medi. Així com, en la mesura del possible, els elements i materials necessaris en la fase de construcció.

Els residus generats en l'obra (únicament material d'embalatge), seran recollits i gestionats als abocadors corresponents, d'acord amb el que estableix la legislació vigent en matèria de residus.

L'estalvi d'emissions contaminants s'ha calculat a partir d'un factor de conversió del Institut per la diversificació i l'estalvi de l'energia (IDAE). Aquest factor de conversió està calculat a partir de com es generarien per produir la mateixa energia mitjançant centrals de producció no renovables amb la proporció del mix energètic de l'estat Espanyol de 2011.

La realització del camp fotovoltaic de connexió a la xarxa interna projectat, aportarà una reducció en les emissions contaminants a l'atmosfera i un estalvi de petroli equivalent, d'acord amb els paràmetres que es mostren en la taula 8.1.

Estalvi emissions contaminants		
	Producció neta mensual [KWh]	CO2 [Kg]*
Gener	15.800	10.254
Febrer	17.600	11.422
Març	26.600	17.263
Abril	28.700	18.626
Maig	33.100	21.482
Juny	33.900	22.001
Juliol	35.200	22.845
Agost	32.500	21.093
Setembre	27.400	17.783
Octubre	22.300	14.473
Novembre	15.900	10.319
Desembre	14.200	9.216
Anual		196.777

Taula 8.1. Estalvi emissions contaminants

*Kg de CO₂ que es generarien per produir la mateixa energia mitjançant centrals de producció no renovables amb la proporció del mix energètic de l'estat Espanyol de 2011 segons el *Ministerio de Industria, Energía y Turismo*. Factors de conversió obtinguts del IDAE, segons proposta *Factores de emisión de CO₂ y de coeficientes de paso a energía primaria de diferentes fuentes de energía final consumidas en el sector edificios en España* versió del 03/03/2014.

9. Pressupost

Sabent que tots els edificis implicats en l'estudi són alimentats de la ET 8.1, ens trobem que:

- La potència contractada en la ET 8.1 és de 560 KW.
- Tipus de Tarifa 6.1

CONCEPTE	Ut.	MEDICIÓ	PREU UNIT. (€)	PREU TOT. (€)
<i>Camp solar</i>				
Panell Solar policristal·lí marca SolarWorld, model Sunmodule Plus SW 290W Mono.	ut.	876	140	122.640,00
Inversor de connexió a xarxa, marca SMA, model Sunny Tripower CORE1	ut.	4,00	5789	23.156,00
TOTAL CAPÍTOL				145.796,00

CONCEPTE	Ut.	MEDICIÓ	PREU UNIT. (€)	PREU TOT. (€)
<i>Estructura fixació y llast</i>				
Sunfix	ut.	50,00	31,13	1.556,50
TOTAL CAPÍTOL				1.556,50

CONCEPTE	Ut.	MEDICIÓ	PREU UNIT. (€)	PREU TOT. (€)
<i>Instal·lació elèctrica</i>				
Conductors de coure de 1,5 mm2, designacions RZ1 0'6 / 1kV (UNE 211.025), implicats en l'evacuació de l'energia, lliure d'halògens, no propagador d'incendi (UNE-EN 50.266), amb baixa emissió de gasos tòxics i corrosius (UNE-EN 50.267-2-1) i baixa opacitat de fums (UNE-EN 50.268-1), totalment cablejats, amb punteres i terminals necessaris segons mides del cable. Totalment instal·lat segons plànols, mà d'obra i maquinària inclòs.	m	73,00	0,41	29,93
Conductors de coure de 2,5 mm2, designacions RZ1 0'6 / 1kV (UNE 211.025), implicats en l'evacuació de l'energia, lliure d'halògens, no propagador d'incendi (UNE-EN 50.266), amb baixa emissió de gasos tòxics i corrosius (UNE-EN 50.267-2-1) i baixa opacitat de fums (UNE-EN 50.268-1), totalment cablejats, amb punteres i terminals necessaris segons mides del cable. Totalment instal·lat segons plànols, mà d'obra i maquinària inclòs.	m	301,00	0,52	156,52
Conductors de coure de 4 mm2, designacions RZ1 0'6 / 1kV (UNE 211.025), implicats en l'evacuació de l'energia, lliure d'halògens, no propagador d'incendi (UNE-EN 50.266), amb baixa emissió de gasos tòxics i corrosius (UNE-EN 50.267-2-1) i baixa opacitat de fums (UNE-EN 50.268-1), totalment cablejats, amb punteres i terminals necessaris segons mides del cable. Totalment instal·lat segons plànols, mà d'obra i maquinària inclòs.	m	582,00	0,76	442,32
Conductors de coure de 6 mm2, designacions RZ1 0'6 / 1kV (UNE 211.025), implicats en l'evacuació de l'energia, lliure d'halògens, no propagador d'incendi (UNE-EN 50.266), amb baixa emissió de gasos tòxics i corrosius (UNE-EN 50.267-2-1) i baixa opacitat de fums (UNE-EN 50.268-1), totalment cablejats, amb punteres i terminals necessaris segons mides del cable. Totalment instal·lat segons plànols, mà d'obra i maquinària inclòs.	m	1431,00	0,89	1273,59
Conductors de coure de 10 mm2, designacions RZ1 0'6 / 1kV (UNE 211.025), implicats en l'evacuació de l'energia, lliure d'halògens, no propagador d'incendi (UNE-EN 50.266), amb baixa emissió de gasos tòxics i corrosius (UNE-EN 50.267-2-1) i baixa opacitat de fums (UNE-EN 50.268-1), totalment cablejats, amb punteres i terminals necessaris segons mides del cable. Totalment instal·lat segons plànols, mà d'obra i maquinària inclòs.	m	4573,00	1,39	6356,67
Conductors verdeamarillos de coure de 6 mm2, designacions RZ1 0'6 / 1kV (UNE 211.025), implicats en l'evacuació de l'energia, lliure d'halògens, no propagador d'incendi (UNE-EN 50.266), amb baixa emissió de gasos tòxics i corrosius (UNE-EN 50.267-2-1) i baixa opacitat de fums (UNE-EN 50.268-1), totalment cablejats, amb punteres i terminals necessaris segons mides del cable. Implicats en la posada a Terra de protecció de la instal·lació. Totalment instal·lat segons plànols, mà d'obra i maquinària inclòs.	m	456,00	1,10	501,60
Mànega de conductors de coure de 10 mm2, designacions RZ1 5G10 0'6 / 1kV (UNE 211.025), implicats en l'evacuació de l'energia, lliure d'halògens, no propagador d'incendi (UNE-EN 50.266), amb baixa emissió de gasos tòxics i corrosius (UNE-EN 50.267-2-1) i baixa opacitat de fums (UNE-EN 50.268-1), totalment cablejats, amb punteres i terminals necessaris segons mesures del cable. Totalment instal·lat segons plànols, mà d'obra i maquinària inclòs.	M	40,00	5,10	204,00

Mànega de conductors de coure de 35 mm ² , designacions RZ1 5G35 0'6 / 1kV (UNE 211.025), implicats en l'evacuació de l'energia, lliure d'halògens, no propagador d'incendi (UNE-EN 50.266), amb baixa emissió de gasos tòxics i corrosius (UNE-EN 50.267-2-1) i baixa opacitat de fums (UNE-EN 50.268-1), totalment cablejats, amb punteres i terminals necessaris segons mides del cable. Totalment instal·lat segons plànols, mà d'obra i maquinària inclòs.	ml.	100,00	31,50	3.150,00
Tub corrugat en canalització en safata de 25mm de diàmetre, d'acord amb la norma UNE-EN 50.086 2-4 per als conductors elèctrics a 6 mm ² (dos pols i conductor de terra) en tot el seu recorregut. Totalment instal·lat segons plànols, mà d'obra i maquinària inclòs.	ml.	540,00	2,16	1.166,40
Safata Rejinorma zincat de 35 mm x 100 mm de doble vareta transversal, amb filferros d'acer, de 20J de resistència a l'impacte, per a canalització de conductor AC mànega de connexió de Quadre General AC amb Quadre xarxa interior. Totalment instal·lat segons plànols, mà d'obra i maquinària inclòs.	ml.	140,00	10,08	1.411,20
Tapa per safata Rejinorma 35mm x 100mm. Totalment instal·lat segons plànols, mà d'obra i maquinària inclòs.	ml.	140,00	8,06	1.128,40
Brida d'unió safata Rejinorma a vorada. Totalment instal·lat segons plànols, mà d'obra i maquinària inclòs.	ut.	64,00	3,55	227,20

CONCEPTE	Ut.	MEDICIÓ	PREU UNIT. (€)	PREU TOT. (€)
<i>Instal·lació elèctrica (Continuació)</i>				
Brida de subjecció conductors. Totalment instal·lat segons plànols, mà d'obra i maquinària inclòs.	ut.	122,00	2,71	330,62
Unió lateral safates. Totalment instal·lat segons plànols, mà d'obra i maquinària inclòs.	ut.	112,00	3,59	402,08
Interruptor de tall en càrrega bipolar de 10 Ampers de corrent nominal, 1000V de tensió nominal i 16 kA de poder de tancament, especial per corrent continu, ajustat en condicions i posició segons descripció del plànol corresponent. Totalment instal·lat segons plànols, mà d'obra i maquinària inclòs.	ut.	48,00	79,89	3.834,72
Fusibles 10 A, de 1000V de tensió nominal i 30 kA de poder de tall, incloent base portafusibles modular de 18mm d'amplada instal·lada sobre carril DIN. Totalment instal·lat segons plànols, mà d'obra i maquinària inclòs.	ut.	96,00	16,30	1.564,80
Descarregador de tensions de Corrent Contínua tipus 2, de 1000 V de tensió nominal, forma d'ona 8/20 µs, 40 kA de corrent de descàrrega i 4 kV de nivell de protecció. Totalment instal·lat segons plànols, mà d'obra i maquinària inclòs.	ut.	48,00	174,89	8.394,72

CONCEPTE	Ut.	MEDICIÓ	PREU UNIT. (€)	PREU TOT. (€)
<i>Instal·lació elèctrica (Continuació)</i>				
Quadre d'instal·lació de sistema de Control Dinàmic de Potència, encarregat del control de "Injecció Zero" de la instal·lació, mitjançant un sistema automàtic de gestió de la producció en funció de la demanda. El sistema estarà format pels elements necessaris per a la comunicació amb tots els inversors, elements de protecció elèctrica (Interruptor Automàtic i Diferencial), contactors de potència, analitzadors de xarxes, transformadors de corrent, relés d'inversa, i qualsevol altre element necessari per a la correcta operativitat. Totalment instal·lat segons plànols, mà d'obra i maquinària inclòs.	ut.	2,00	1.200,00	2.400,00
TOTAL CAPÍTOL				32.644,15
Descarregador de tensions de Corrent Alterna tipus 2, de 400 V de tensió nominal, forma d'ona 8/20 µs, 20 kA de corrent de descàrrega i 1,25 kV de nivell de protecció. Totalment instal·lat segons plànols, mà d'obra i maquinària inclòs.	ut.	2,00	312,75	625,50
Interruptor Magnetotèrmic tetrapolar de 32 Ampers de corrent nominal, 10 kA de poder de tall, per a protecció d'inversor, ajustat en condicions i posició segons descripció del plànol corresponent. Totalment instal·lat segons plànols, mà d'obra i maquinària inclòs.	ut.	4,00	105,25	421,00
Interruptor Magnetotèrmic tetrapolar de 80 Ampers de corrent nominal, 15 kA de poder de tall, per a protecció general de quadre elèctric d'alterna, ajustat en condicions i posició segons descripció del plànol corresponent. Totalment instal·lat segons plànols, mà d'obra i maquinària inclòs.	ut.	2,00	295,20	590,40
Auxiliar Diferencial per magnetotèrmic de 80 A, de 400 V de tensió nominal i sensibilitat de 300 mA. Totalment instal·lat segons plànols, mà d'obra i maquinària inclòs.	ut.	2,00	355,75	711,50
Quadre de Corrent Contínua de carril DIN, IP 65, de 2 files i 12 mòduls de 18 mm per cada fila. Totalment instal·lat segons plànols, mà d'obra i maquinària inclòs.	ut.	4,00	98,29	393,16
Quadre de Corrent Alterna de carril DIN, IP 65, d'1 fila i 24 mòduls de 18 mm per cada fila. Totalment instal·lat segons plànols, mà d'obra i maquinària inclòs.	ut.	2,00	85,30	170,60
CONCEPTE	Ut.	MEDICIÓ	PREU UNIT. (€)	PREU TOT. (€)
<i>Diversos execució de la instal·lació</i>				
Coordinació de Seguretat i Salut de la instal·lació. Mà d'obra i maquinària inclòs.	ut.	1,00	1.800,00	1.800,00
TOTAL CAPÍTOL				1.800,00

9.1. Resum pressupost

RESUM DEL PRESSUPOST	
CAPÍTOL	IMPORT
<i>Camp solar</i>	145.796,00 €
<i>Estructura fixació y llast</i>	1.000,20 €
<i>Instal·lació elèctrica</i>	32.644,15 €
<i>Diversos execució de la instal·lació</i>	1.800,00 €
TOTAL P.E.M.	181.240,35 €
PRESSUPOST D'EXECUCIÓ MATERIAL (P.E.M.)	181.240,35 €
DESPESES GENERALS	23.568,27 €
BENEFICI INDUSTRIAL	10.872,25 €
PRESSUPOST D'INVERSIÓ	215.680,87 €
I.V.A. (21%)	45.292,98 €
TOTAL PRESSUPOST	260.973,85 €

9.2. Simulació de l'estalvi energètic

L'aposta per aquesta tecnologia en règim d'autoconsum suposa un estalvi de l'energia que es produeix en la instal·lació de generació i que l'usuari consumeix directament, ja que no haurà de demandar aquesta a la xarxa elèctrica a la qual està connectat.

La instal·lació elèctrica dels sis edificis de l'APT està directament connectada a la ET 8.1 del Port de Tarragona (propietat de la pròpia Autoritat Portuària), la qual presenta les següents característiques:

Potència contractada (P)	Terme energia (Te)		Terme potència (Tp)	
560 kW	P1	0,098929 €/kWh	P1	39,139427 €/KW
	P2	0,086962 €/kWh	P2	19,586654 €/KW
<u>Tarifa contractada</u>	P3	0,077134 €/kWh	P3	14,334178 €/KW
	P4	0,069374 €/kWh	P4	14,334178 €/KW
6.1A	P5	0,065126 €/kWh	P5	14,334178 €/KW
	P6	0,050998 €/kWh	P6	6,540177 €/KW

Els períodes tarifaris estan definits en el Reial Decret 1164/2001 del 26 de desembre. Pel que fa la tarifa 6.1a són els següents (per Zona 1, península, i tenint en compte que els festius corresponen al període P6):

Tarifa										6.X					
Hora	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun D<=14	Jun D>=15	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Fin de Semana Festivo	
H1 (00-01h)	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
H2 (01-02h)	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
H3 (02-03h)	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
H4 (03-04h)	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
H5 (04-05h)	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
H6 (05-06h)	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
H7 (06-07h)	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
H8 (07-08h)	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
H9 (08-09h)	P2	P2	P4	P5	P5	P4	P2	P2	P6	P4	P5	P4	P2	P6	P6
H10 (09-10h)	P2	P2	P4	P5	P5	P3	P2	P2	P6	P3	P5	P4	P2	P6	P6
H11 (10-11h)	P1	P1	P4	P5	P5	P3	P2	P2	P6	P3	P5	P4	P1	P6	P6
H12 (11-12h)	P1	P1	P4	P5	P5	P3	P1	P1	P6	P3	P5	P4	P1	P6	P6
H13 (12-13h)	P1	P1	P4	P5	P5	P3	P1	P1	P6	P3	P5	P4	P1	P6	P6
H14 (13-14h)	P2	P2	P4	P5	P5	P3	P1	P1	P6	P3	P5	P4	P2	P6	P6
H15 (14-15h)	P2	P2	P4	P5	P5	P3	P1	P1	P6	P3	P5	P4	P2	P6	P6
H16 (15-16h)	P2	P2	P4	P5	P5	P4	P1	P1	P6	P4	P5	P4	P2	P6	P6
H17 (16-17h)	P2	P2	P3	P5	P5	P4	P1	P1	P6	P4	P5	P3	P2	P6	P6
H18 (17-18h)	P2	P2	P3	P5	P5	P4	P1	P1	P6	P4	P5	P3	P2	P6	P6
H19 (18-19h)	P1	P1	P3	P5	P5	P4	P1	P1	P6	P4	P5	P3	P1	P6	P6
H20 (19-20h)	P1	P1	P3	P5	P5	P4	P2	P2	P6	P4	P5	P3	P1	P6	P6
H21 (20-21h)	P1	P1	P3	P5	P5	P4	P2	P2	P6	P4	P5	P3	P1	P6	P6
H22 (21-22h)	P2	P2	P3	P5	P5	P4	P2	P2	P6	P4	P5	P3	P2	P6	P6
H23 (22-23h)	P2	P2	P4	P5	P5	P4	P2	P2	P6	P4	P5	P4	P2	P6	P6
H24 (23-00h)	P2	P2	P4	P5	P5	P4	P2	P2	P6	P4	P5	P4	P2	P6	P6

L'assignació de consums dels sis edificis de l'APT per cada període, partint de l'estudi facilitat per l'APT, és la següent:

	Energia activa (KWh)					
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Gener	12.180	21.316	-	-	-	12.161
Febrer	12.180	21.316	-	-	-	12.161
Març	-	-	13.159	23.029	-	9.469
Abril	-	-	-	-	36.189	9.469
Maig	-	-	-	-	38.881	6.776
Juny (1ª)	-	-	10.604	8.837	-	3.388
Juny (2ª)	14.139	5.302	-	-	-	3.388
Juliol	28.277	10.604	-	-	-	6.776
Agost	-	-	-	-	-	45.657
Setembre	-	-	19.739	16.449	-	9.469
Octubre	-	-	-	-	33.496	12.161
Novembre	-	-	12.180	21.316	-	12.161
Desembre	12.180	21.316	-	-	-	12.161

La producció per a cada període és la següent:

	Producció					
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Gener	7.900	7.900	0	0	0	0
Febrer	8.800	8.800	0	0	0	0
Març	0	0	0	26.600	0	0
Abril	0	0	0	0	28.700	0
Maig	0	0	0	0	33.100	0
Juny (1ª)	0	0	14.125	2825	0	0
Juny (2ª)	14125	2825	0	0	0	0
Juliol	29333,33333	5866,66667	0	0	0	0
Agost	0	0	0	0	0	32.500
Setembre	0	0	22833,33333	4566,66667	0	0
Octubre	0	0	0	0	22.300	0
Novembre	0	0	0	15.900	0	0
Desembre	7.100	7.100	0	0	0	0

Per tant s'obté el següent balanç d'energia i econòmic:

Balanç energètic(KWh)

	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Energia consumida sit. act.	78.957	79.853	55.683	69.631	108.566	155.198
Energia generada	67.258	32.492	36.958	49.892	84.100	32.500
Energia aprofitada	66.202	32.492	30.343	46.321	84.100	32.500
Energia consumida desp. gen.	12.755	47.361	25.340	23.310	24.466	122.698
Energia no injectada	1.056	0	6.615	3.571	0	0

Sense l'impost del sol:**Balanç econòmic (€)**

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Total
Energia consumida sit. act.	7.811	6.944	4.295	4.831	7.070	7.915	38.866
Energia consumida desp. gen.	1.262	4.119	1.955	1.617	1.593	6.257	16.803
Energia estalviada	6.549	2.826	2.340	3.213	5.477	1.657	22.063

*Nota: els resultats anteriors NO INCLOUEN l'impost elèctric NI l'impost del sol***Comparativa dels costos energètics amb instal·lació de autoconsum (I.A.)**

	ACTUAL	AMB I.A.	ESTALVI
Cost energètic	40.853	17.662	23.191

*Nota: els resultats anteriors INCLOUEN l'impost elèctric però NO l'impost del sol*Amb l'impost del sol:**Balanç econòmic (€)**

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Total
Energia consumida sit. act.	7.811	6.944	4.295	4.831	7.070	7.915	38.866
Energia consumida desp. gen.	1.502	4.886	2.247	1.895	1.908	7.316	19.753
Energia estalviada	6.309	2.058	2.048	2.936	5.162	599	19.113

*Nota: els resultats anteriors NO INCLOUEN l'impost elèctric PERÒ SI l'impost del sol***Comparativa dels costos energètics amb instal·lació de autoconsum (I.A.)**

	ACTUAL	AMB I.A.	ESTALVI
Cost energètic	40.853	20.763	20.090

Nota: els resultats anteriors INCLOUEN l'impost elèctric i l'impost del sol

Amb les dades anteriors s'obté la següent rendibilitat de la instal·lació:

Resum de l'anàlisi econòmic

	Sense impost del sol	Amb impost del sol
Potencia generador	254,04 KW	254,04 KW
Inversió	215.680 €	215.680 €
Estalvi en facturació elèctrica	23.191 €	20.090 €
Període de retorn	9 anys	11 anys

Conclusions

En el present projecte s'ha dissenyat una instal·lació elèctrica per alimentar sis edificis de l'APT mitjançant panells fotovoltaics.

En l'apartat de components de la instal·lació s'ha conclòs SolarWorld com la millor marca en panells fotovoltaics amb tecnologia estàndard. Concretament s'utilitzarà el model Sunmodule Plus SW 290 mono ja que són els més rendibles de la marca pel que fa preu per watt punta (€/Wp).

En el marc jurídic s'ha vist que, al ser una instal·lació connectada a la xarxa amb una potència contractada superior als 100 kW, s'hauria de pagar una taxa per a estar connectat a la xarxa elèctrica i pagar per cada kWh generat i autoconsumit. Tot i així, a dia d'avui encara no s'ha cobrat mai aquest impost.

Degut a que hi ha dos possibles escenaris de consum, l'actual i el futur (degut a les obres que es duren a terme a l'APT), s'han proposat dos possibles solucions. Cau en criteri de l'APT decidir quin dels dos dimensionats proposats escolliran. Al haver utilitzat en tots dos casos el criteri d'excedent d'energia nul, la rendibilitat de tots dos dimensionats és similar.

En tots dos casos, en l'apartat de càlculs estructurals, s'ha conclòs que l'única de les sis cobertes capaç de suportar els panells fotovoltaics és la del Refugi 1.

El cost anual de connectar la instal·lació a la xarxa s'ha estimat de 3101€, aquests costos són deguts a l'impost del sol. En aquest cas, l'estalvi anual és de 20.090 €, el que suposaria un període de retorn d'11 anys. Tenint en compte que a dia d'avui encara no s'ha cobrat ni un euro del impost del sol, l'estalvi anual és de 23.191€, el que suposaria un període de retorn de 9 anys.

La realització del camp fotovoltaic de connexió a la xarxa interna projectat, aportarà una reducció en les emissions contaminants a l'atmosfera i un estalvi de petroli equivalent a 196.777 Kg CO₂ anuals.

Per últim s'ha estimat el cost total del projecte en 215.680 € .

Agraïments

Primerament, l'autor vol agrair al Dc. Luis Sainz i Dc. Gomis, directors del treball de fi de grau, per la seva exigència, el constant suport, l'orientació i la confiança d'acompanyar-me durant la trajectòria del projecte.

Destacar també i de forma principal l'ajuda rebuda per en Carles Segura, director d'infraestructures i conservació, i en Manuel Pino, responsable d'infraestructures. De la mateixa manera agrair a tots els companys de l'APT per ajudar-me, tots i cadascun d'ells, en la seva especialitat del Port de Tarragona.

També agrair a Jorge Ríos, de l'empresa Etecnic, i Jesús García, de l'empresa Solcam, per compartir amb mi tots els seus coneixements sobre l'energia solar i els panells fotovoltaics.

Finalment, resulta indispensable agrair tot el suport rebut per part de la meva família i els meu amics, que són únics.

Bibliografia

¹ Energía Solar, Consultada el 10 de juliol de 2017,

<http://energiaslimpias.webcindario.com/solar.htm>

² Pvtest, Consultada el 10 de juliol de 2017,

<http://www.cemaer.org/cual-es-el-mejor-panel-solar-pvtest/>

³ Paneles solares, Consultada el 10 de Jjuliol de 2017,

<https://www.sfe-solar.com/paneles-solares/comprar-paneles-solares-que-debemos-saber/>

⁴ Solarworld, Consultada el 12 de juliol de 2017,

<https://www.solarworld.de/en/products/sunmodule-plus/>

⁵ Inversor, Consultada el 15 de juliol de 2017,

http://www.cenitsolar.com/fotovoltaica_esquema.php

⁶ Inversor, Consultada el 15 de juliol de 2017,

<http://www.solarenergyexplorer.com/maximum-power-point-tracking.html>

⁷ Inversor, Consultada el 15 de juliol de 2017,

<https://www.sma.de/es/productos/inversor-fotovoltaico/sunny-tripower-core1.html>

⁸ Estructura, Consultada el 29 de Decembre de 2017,

https://solarstem.com/wp-content/uploads/2016/10/IC-043-5-SP_MINI.pdf

¹⁰ Real Decreto 900/2015, Consultat el 20 juliol de 2017

¹¹ Photovoltaic Geographical Information System, Consultada el 8 d'Agost de 2017

¹² Temperature vs efficiency, Consultada el 14 d'agost de 2017,

<http://www.ecmweb.com/green-building/highs-and-lows-photovoltaic-system-calculations>

¹³ Fusibles, Consultada el 27 d'agost de 2017,

<http://www.df-sa.es/es/>

¹⁴ Sobreensions, Consultada el 3 de setembre de 2017

<https://www.dehn.es/es>

¹⁵ REBT ITC 18

¹⁶ Latitud, longitud i altura, Consultada el 10 de juliol

<http://www.coordenadas-gps.com/convertidor-de-coordenadas-gps>

¹⁷ Radiació solar, Consultada el 12 de juliol

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?lang=en&map=europe#>

¹⁸ Hores de radiació solar Tarragona (pàgina 131), Consultada el 26 d'octubre

http://icaen.gencat.cat/web/.content/10_ICAEN/12_serveis/06_estrategia/enllacos_planificacioEnergetica/monografic12.pdf

¹⁹ Temperatura mínima de Tarragona, Consultada el 20 setembre

<http://www.emiliopolis.net/es/int/cli/esp-minimas.htm>

²⁰ Panells en paral·lel, Consultada el 20 setembre

<http://www.solarweb.net/forosolar/aspectos-tecnicos/7807-numero-paneles-serie-paralelo.html>

²¹ Panells en sèrie, Consultada el 20 setembre

<http://www.ecmweb.com/green-building/highs-and-lows-photovoltaic-system-calculations>

²² Tarifes elèctriques, Consultada 22 novembre

<http://mifacturadeluz.com/tarifas-de-acceso-de-electricidad-alta-tension/>

²³ Calculadora de hores solars pics, Consultada 25 novembre

http://www.hmsistemas.es/shop/catalog/calculadora_hsp.php

²⁴ Emissions contaminants, Consultada 30 novembre

http://www.minetad.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/propuestas/Documentos/2014_03_03_Factores_de_emision_CO2_y_Factores_de_paso_Efinal_Eprimaria_V.pdf

²⁴ Normes UNE, Consultada 12 desembre

<https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2015-10927>

²⁵ Reglamento electrotécnico de Baja Tensión, Consultada 13 desembre

<http://www.iet.es/wp-content/uploads/2013/03/REGLAMENTO-RBT-SEPT-2003.pdf>

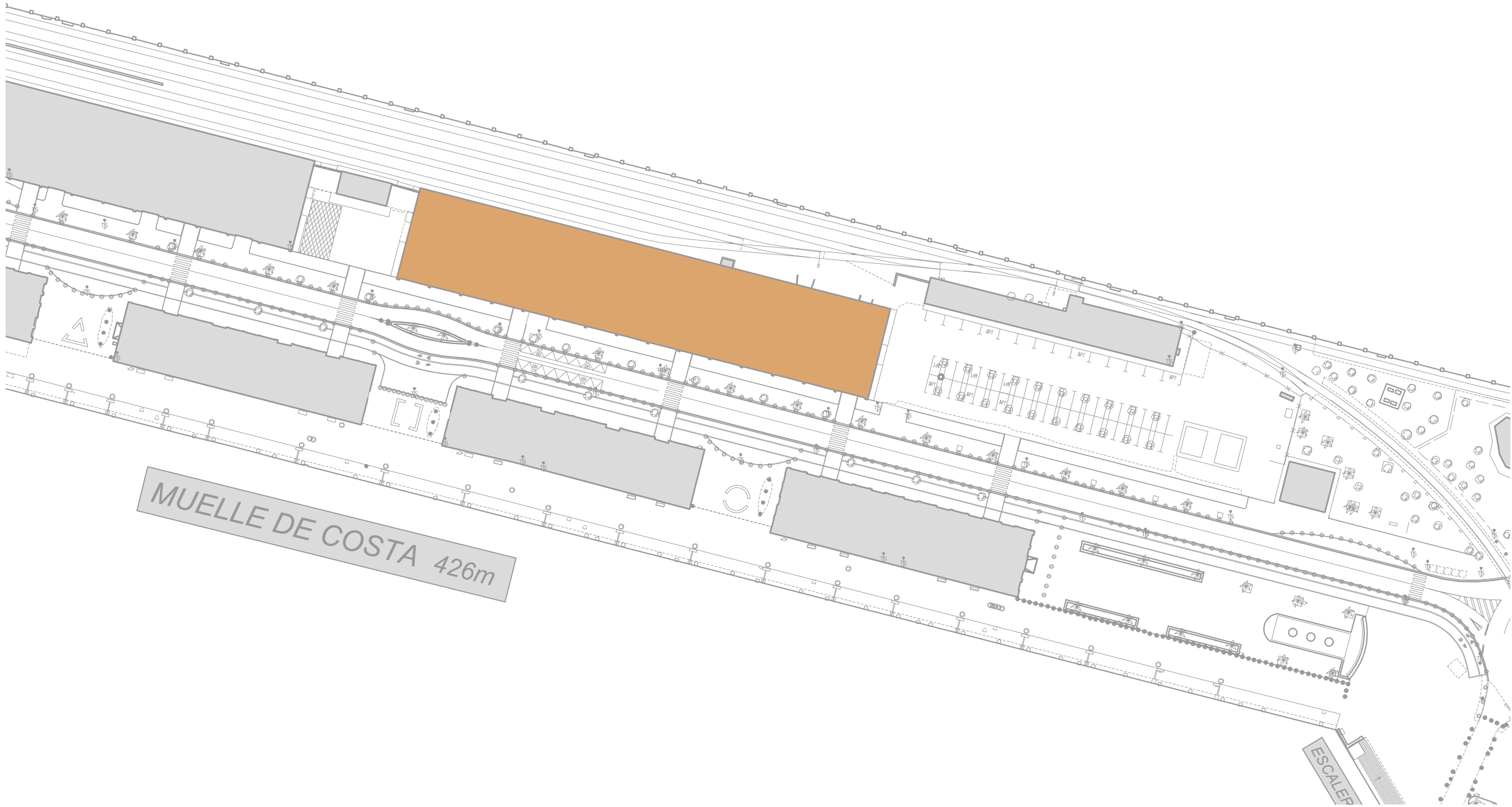



Refugi 1
Moll de Costa, 5-7
43004 Tarragona
Lat. 41° 06' 37.499", Long. 1° 15' 3.417"

DESCRIPCIÓ				DATA			
REV.4	REV.3	REV.2	REV.1	Nº	REVISIÓ		

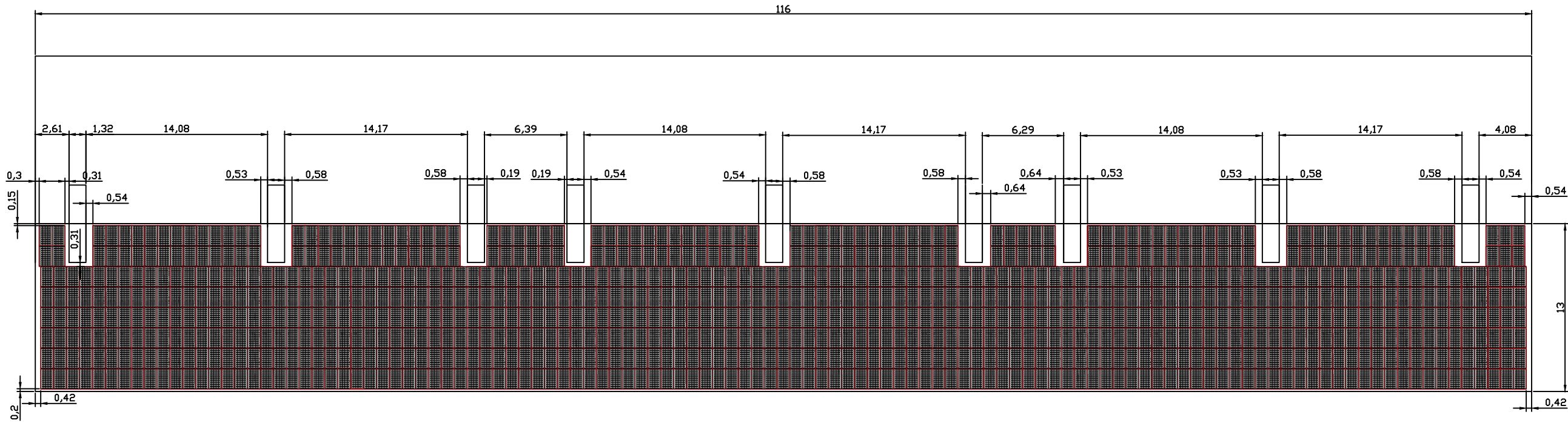
SISTEMA COORDENADES: PLANES A.P.T. (REF. A ETRS89)			AUTOR DEL PROJECTE:			DIRECTOR DEL PROJECTE:		
XXXXX			XXXX XXXX XXXX			XXXX XXXX XXXX		
N. ARXIU:	DATA:	REALITZAT:	TÍTOL DEL PROJECTE:			TÍTOL DEL PLÀNOL:		
XXXXX	XXXXXXX XXXX	X.X.X.	Instal·lació solar fotovoltaica per autoconsum de l'Autoritat Portuària de Tarragona.			Emplaçament		
REVISIÓ:	DATA:	REALITZAT:				FITXER: EMPLAÇAMENT.dwg		
						N. PLÀNOL: XX DE XX		
						FULL: XX DE XX		
						ESCALA: S/E		


REV.4		
REV.3		
REV.2		
REV.1		
Nº REVISIÓ	DATA	DESCRIPCIÓ



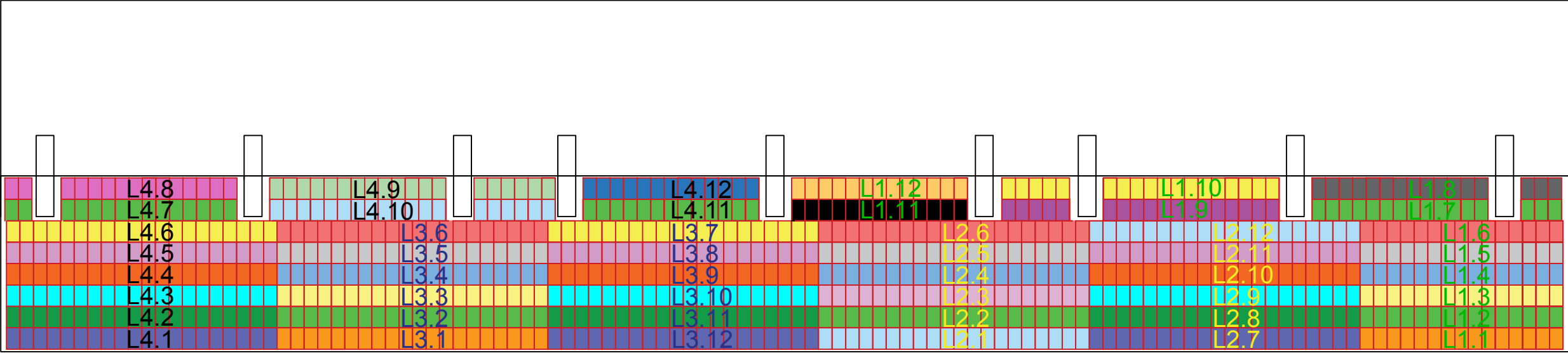
SISTEMA COORDENADES: PLANES A.P.T. (REF. A ETRS89)					AUTOR DEL PROYECTO: XXXXX XXXXX XXXXX		DIRECTOR DEL PROYECTO: XXXX XXXX XXXX	
N. ARXIU: XXXXX	DATA: XXXXXXXX XXXX	REALITZAT: X.X.X.	TÍTOL DEL PROJECTE: Instal·lació solar fotovoltaica per autoconsum de l'Autoritat Portuària de Tarragona.			TÍTOL DEL PLÀNOL: Situació		N. PLÀNOL: XX DE XX
REVISIÓ:	DATA:	REALITZAT:				FITXER: Situació.dwg		FULL: XX DE XX ESCALA: 1/ 1000


REV.4			
REV.3			
REV.2			
REV.1			
Nº REVISIÓ	DATA	DESCRIPCIÓ	



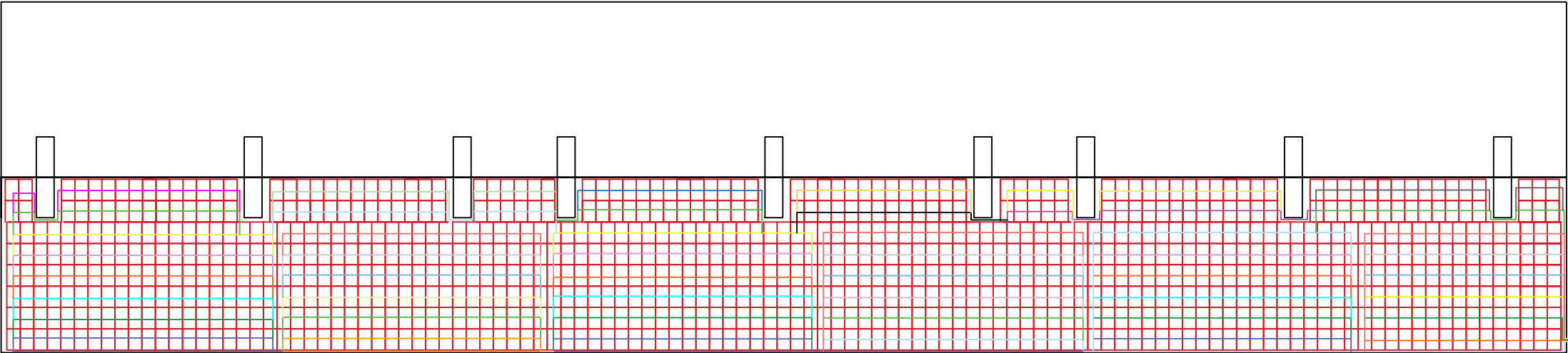
SISTEMA COORDENADES: PLANES A.P.T. (REF. A ETRS89)			AUTOR DEL PROYECTE: XXXXX XXXXX XXXXX		DIRECTOR DEL PROYECTE: XXXX XXXX XXXX	
						
N. ARXIU: XXXXX	DATA: XXXXXXXX XXXX	REALITZAT: X.X.X.	TÍTOL DEL PROJECTE: Instal·lació solar fotovoltaica per autoconsum de l'Autoritat Portuària de Tarragona.			TÍTOL DEL PLÀNOL: Distàncies coberta
REVISIÓ:	DATA:	REALITZAT:				N. PLÀNOL: XX DE XX FULL: XX DE XX ESCALA: 1/400
FITXER: Planta coberta acotat.dwg						


REV 4		
REV 3		
REV 2		
REV 1		
Nº REVISIÓ	DATA	DESCRIPCIÓ



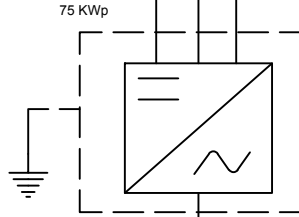
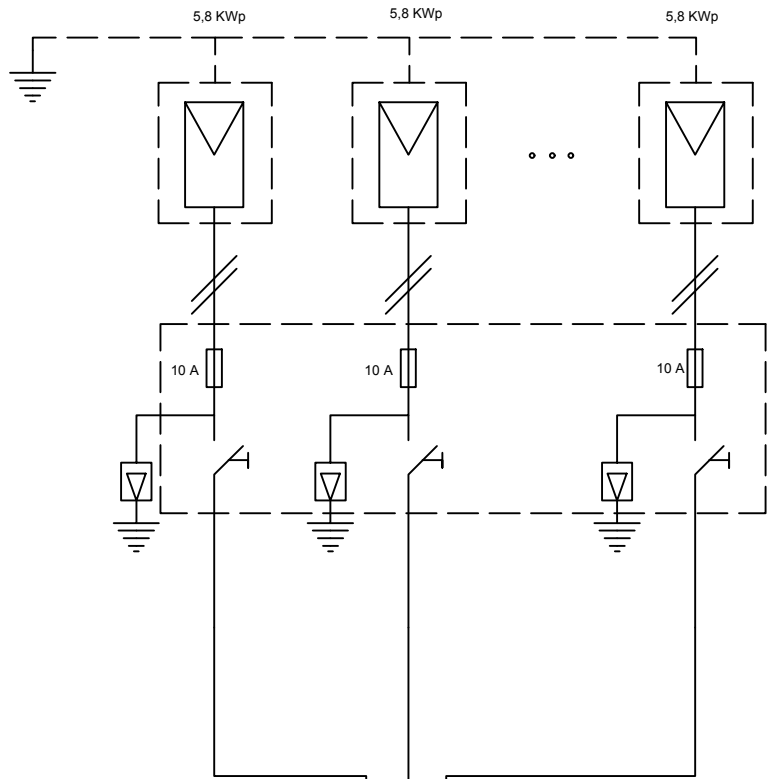
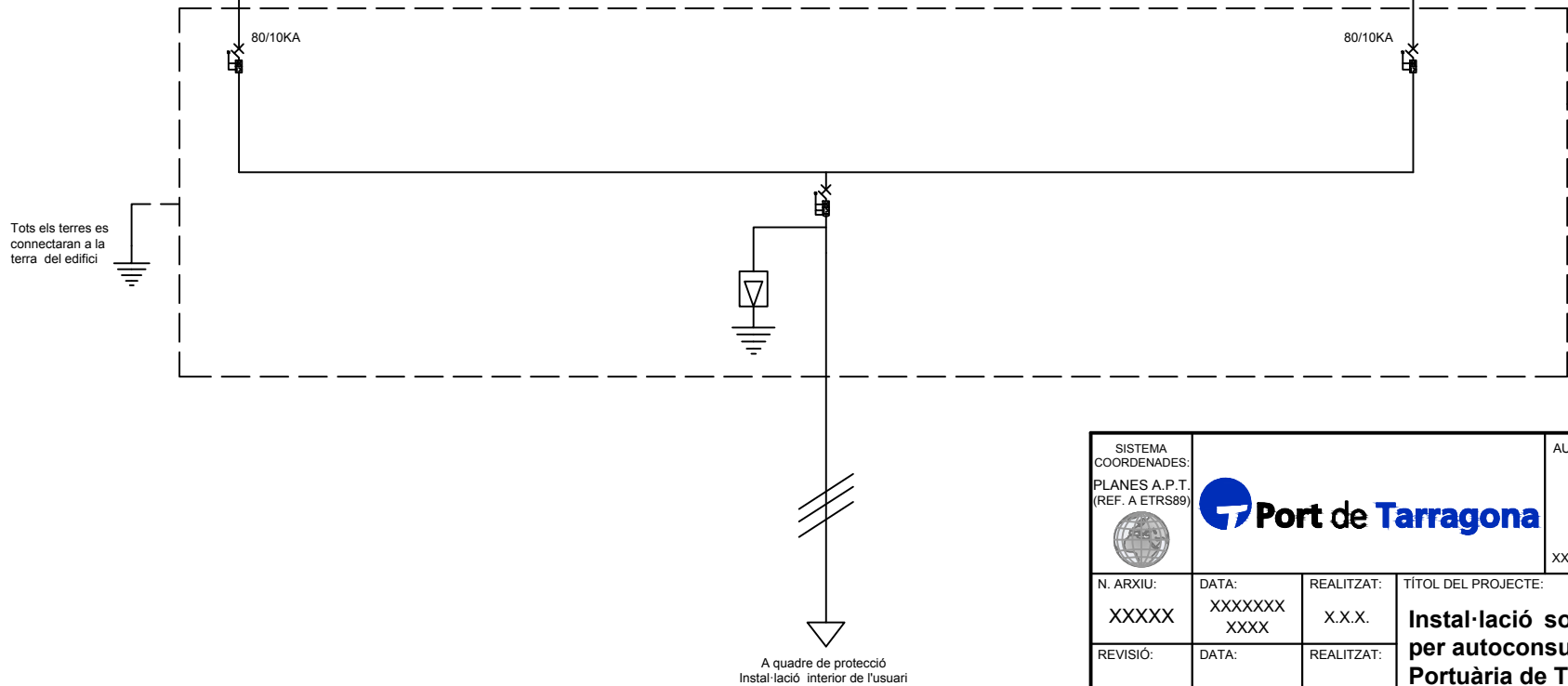
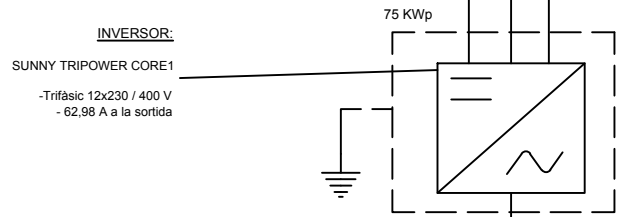
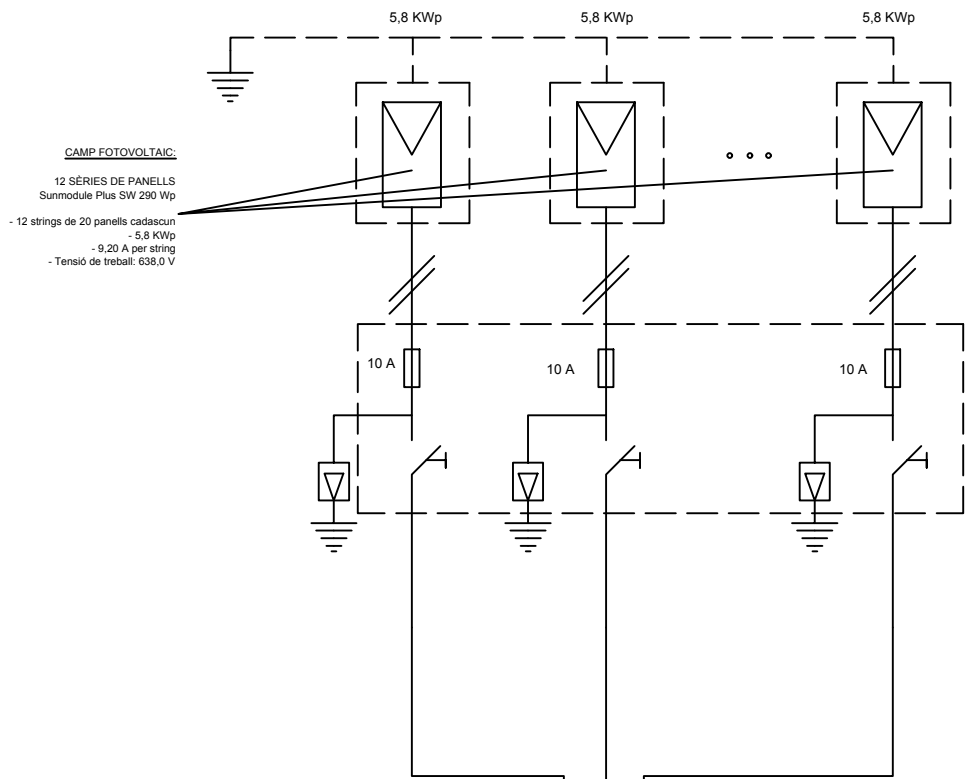
SISTEMA COORDENADES: PLANES A.P.T. (REF. A ETRS89) 			AUTOR DEL PROJECTE: XXXXX XXXXX XXXXX			DIRECTOR DEL PROJECTE: XXXX XXXX XXXX			
N. ARXIU: XXXXX		DATA: XXXXXXXX XXXX	REALITZAT: X.X.X.	TÍTOL DEL PROJECTE: Instal·lació solar fotovoltaica per autoconsum de l'Autoritat Portuària de Tarragona.			TÍTOL DEL PLANOL: Strings		
REVISIÓ:		DATA:	REALITZAT:	FITXER: refuoi_1.connectivitat.moduls.dwg			N. PLANOL: XX DE XX FULL: XX DE XX ESCALA: 1/400		

REV.4		
REV.3		
REV.2		
REV.1		
Nº REVISIÓ	DATA	DESCRIPCIÓ



<div>SISTEMA COORDENADES: PLANES A.P.T. (REF. A ETRS89)<div></div></div>			AUTOR DEL PROJECTE: XXXXX XXXXX XXXXX		DIRECTOR DEL PROJECTE: XXXXX XXXXX XXXXX	
N. ARXIU: XXXXX	DATA: XXXXXXXX XXXX	REALITZAT: X.X.X.	TÍTOL DEL PROJECTE: Instal·lació solar fotovoltaica per autoconsum de l'Autoritat Portuària de Tarragona.		N. PLÀNOL: XX DE XX	
REVISIÓ:	DATA:	REALITZAT:	TÍTOL DEL PLÀNOL: Conductors DC		FULL: XX DE XX	
FITXER: refugi 1 cablejat.dwg					ESCALA: 1/ 400	

Nº REVISIÓ				DATA				DESCRIPCIÓ			
REV.4	REV.3	REV.2	REV.1								



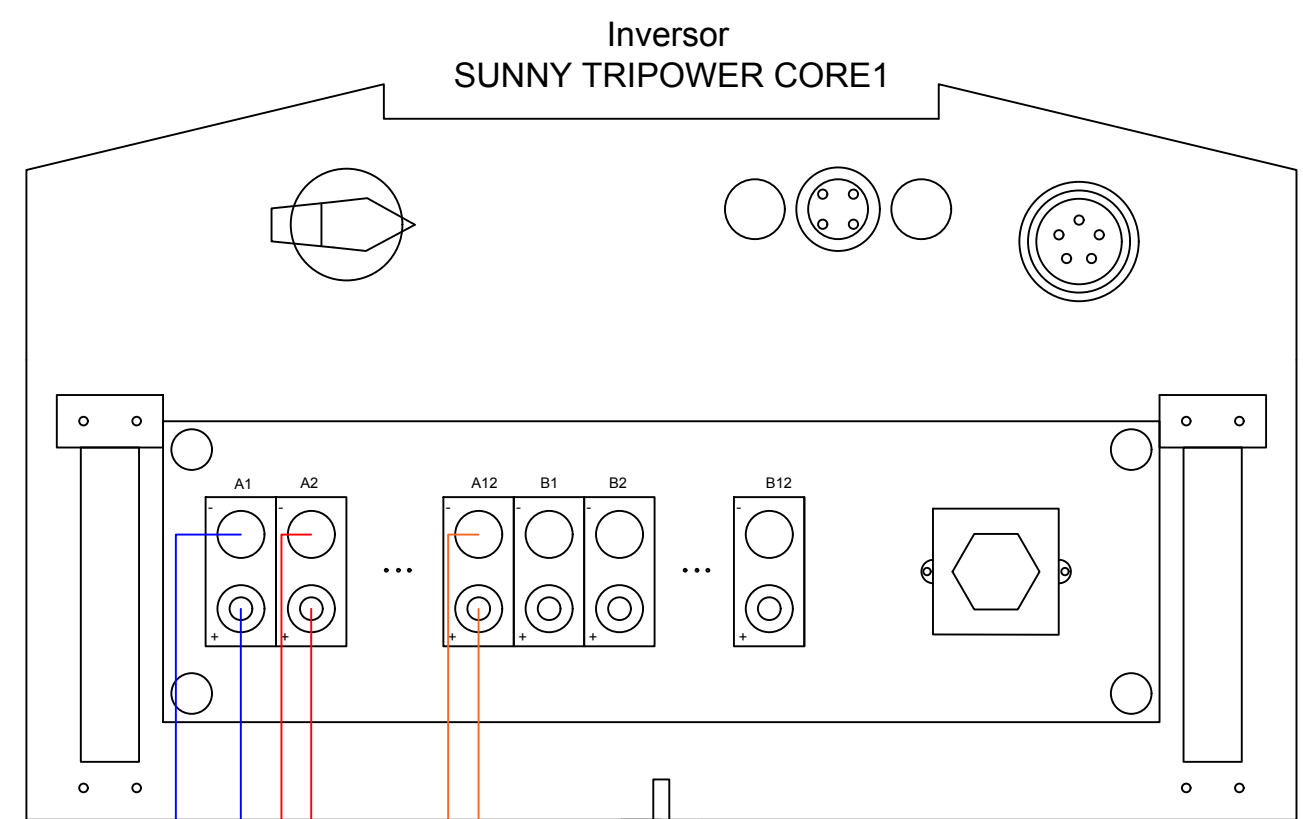
QUADRE DE CORRENT ALTERNA (CA):

- 2 Magnetotèrmics, un per inverter
- 1 Magnetotèrmic general
- 1 Un Interruptor Diferencial 300 mA de sensibilitat
- Descargador de Tensiones 20 kA, Up<1'45

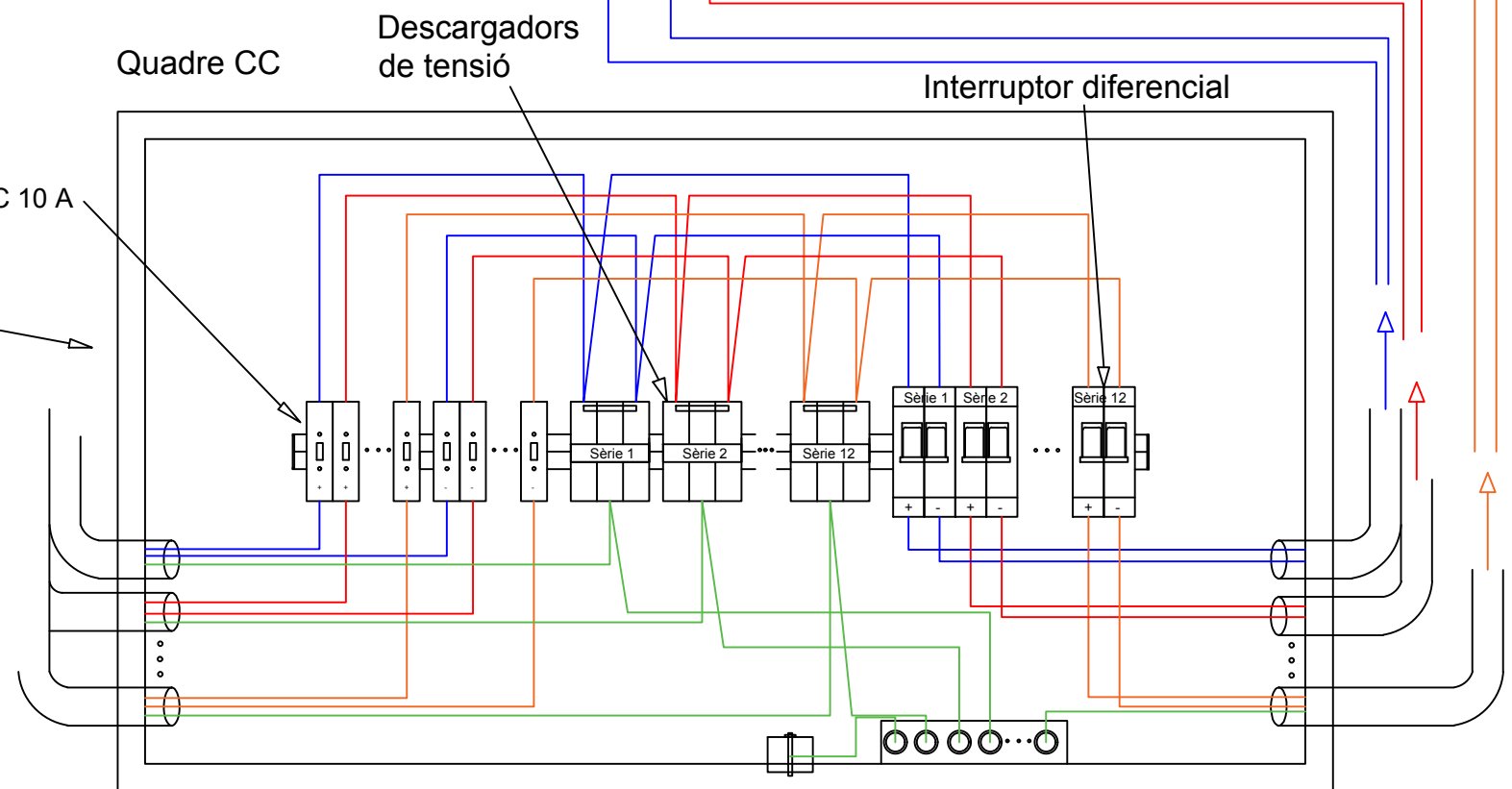
Corrent Continu (CC)

Corrent Altern (CA)

SISTEMA COORDENADES: PLANES A.P.T. (REF. A ETRS89)			AUTOR DEL PROJECTE: XXXXX XXXXX XXXXX			DIRECTOR DEL PROJECTE: XXXX XXXX XXXX		
N. ARXIU: XXXXX	DATA: XXXXXXXX XXXX	REALITZAT: X.X.X.	TÍTOL DEL PROJECTE: Instal·lació solar fotovoltaica per autoconsum de l'Autoritat Portuària de Tarragona.			TÍTOL DEL PLÀNOL: Unifilar		
REVISIÓ:	DATA:	REALITZAT:				FITXER: unifilar.dwg		
						N. PLÀNOL: XX DE XX		
						FULL: XX DE XX		
						ESCALA: 1/ XXX		




- Sèrie 1 (blau) - Pol positiu
- Sèrie 2 (vermell) - Pol positiu
- Sèrie 12 (taronja) - Pol positiu



Inversor
SUNNY TRIPOWER CORE1

REV.4		
REV.3		
REV.2		
REV.1		
Nº REVISIÓ	DATA	DESCRIPCIÓ

SISTEMA COORDENADES: PLANES A.P.T. (REF. A ETRS89) <div>  Port de Tarragona </div>		AUTOR DEL PROYECTO: XXXXX XXXXX XXXXX		DIRECTOR DEL PROYECTO: XXXX XXXX XXXX	
N. ARXIU: XXXXX	DATA: XXXXXXXX XXXX	REALITZAT: X.X.X.	TÍTOL DEL PROJECTE: Instal·lació solar fotovoltaica per autoconsum de l'Autoritat Portuària de Tarragona.		TÍTOL DEL PLÀNOL: Multifilar
REVISIÓ:	DATA:	REALITZAT:	FITXER: Planta coberta2.dwg		N. PLÀNOL: XX DE XX FULL: XX DE XX ESCALA:

Annex 8. Càlculs estructurals

- **Sobrecàrrega d'ús:** $0,4 \text{ kN/m}^2$

Tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m ²]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1	Zonas con mesas y sillas	3	4
		C2	Zonas con asientos fijos	4	4
		C3	Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
		C4	Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
		C5	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
D	Zonas comerciales	D1	Locales comerciales	5	4
		D2	Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)			2	20 ⁽¹⁾
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente ⁽²⁾			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación ⁽³⁾	G1 ⁽⁷⁾	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 ^{(4) (6)}	2
			Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) ⁽⁵⁾	0,4 ⁽⁴⁾	1
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

- **Neu:** $0,4 \text{ kN/m}^2$

Com valor de carga de neu per unitat de superfície en projecció horitzontal, q_n , pot agafar-se:

$$q_n = \mu \cdot s_k = 1 \cdot 0,4 = 0,4 \text{ kN/m}^2$$

sent:

μ coeficient de forma de la coberta segons 3.5.3

s_k el valor característic de la carga de neu sobre un terreny horitzontal segons 3.5.2

3.5.3 "En un faldón limitado inferiormente por cornisas o limatesas, y en el que no hay impedimento al deslizamiento de la nieve, el coeficiente de forma tiene el valor de **1** para cubiertas con inclinación menor o igual que 30° y 0 para cubiertas con inclinación de mayor o igual que 60° (para valores intermedios se interpolará linealmente). Si hay impedimento, se tomará $\mu = 1$ sea cual sea la inclinación."

Tabla 3.8 Sobrecarga de nieve en capitales de provincia y ciudades autónomas

Capital	Altitud m	s_k kN/m ²	Capital	Altitud m	s_k kN/m ²	Capital	Altitud m	s_k kN/m ²
Albacete	690	0,6	Guadalajara	680	0,6	Pontevedra	0	0,3
Alicante / Alacant	0	0,2	Huelva	0	0,2	Salamanca	780	0,5
Almería	0	0,2	Huesca	470	0,7	SanSebas- tián/Donostia	0	0,3
Ávila	1.130	1,0	Jaén	570	0,4	Santander	1.000	0,3
Badajoz	180	0,2	León	820	1,2	Segovia	10	0,7
Barcelona	0	0,4	Lérida / Lleida	150	0,5	Sevilla	1.090	0,9
Bilbao / Bilbo	0	0,3	Logroño	380	0,6	Soria	0	0,4
Burgos	860	0,6	Lugo	470	0,7	Tarragona	0	0,2
Cáceres	440	0,4	Madrid	660	0,6	Tenerife	950	0,9
Cádiz	0	0,2	Málaga	0	0,2	Teruel	550	0,5
Castellón	0	0,2	Murcia	40	0,2	Toledo	0	0,2
Ciudad Real	640	0,6	Orense / Ourense	130	0,4	Valencia/València	690	0,4
Córdoba	100	0,2	Oviedo	230	0,5	Valladolid	520	0,7
Coruña / A Coruña	0	0,3	Palencia	740	0,4	Vitoria / Gasteiz	650	0,4
Cuenca	1.010	1,0	Palma de Mallorca	0	0,2	Zamora	210	0,5
Gerona / Girona	70	0,4	Palmas, Las	0	0,2	Zaragoza	0	0,2
Granada	690	0,5	Pamplona/Iruña	450	0,7	Ceuta y Melilla		

Vent: Pressió: $q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p = 0,52 \cdot 3,1 \cdot (0,37) = 0,57 \text{ kN/m}^2$

Succió: $q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p = 0,52 \cdot 3,1 \cdot (-1,33) = -2,14 \text{ kN/m}^2$

Acció normal a la superfície.

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p$$

q_b Pressió dinàmica

c_e Coeficient d'exposició

c_p Coeficient eòlic o de pressió (pot ser de pressió o de succió)

- Càlcul de la pressió dinàmica q_b

Segons la ubicació geogràfica: Zona C -> $q_b = 0,52 \text{ kN/m}^2$

4 El valor básico de la velocidad del viento en cada localidad puede obtenerse del mapa de la figura D.1. El de la presión dinámica es, respectivamente de $0,42 \text{ kN/m}^2$, $0,45 \text{ kN/m}^2$ y $0,52 \text{ kN/m}^2$ para las zonas A, B y C de dicho mapa.



Figura D.1 Valor básico de la velocidad del viento, v_b

- Càlcul del coeficient d'exposició c_e

Depèn de l'altura del punt considerat

Depèn de l'aspror de l'entorn

Tabla 3.4. Valores del coeficiente de exposición c_e

Grado de aspereza del entorno	Altura del punto considerado (m)						
	3	6	9	12	15	18	30
I Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	2,4	2,7	3,0	3,1	3,3	3,4	3,5
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	2,1	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	1,6	2,0	2,3	2,5	2,6	2,7	2,9
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	1,3	1,4	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4
V Centro de negocio de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	1,2	1,2	1,2	1,4	1,5	1,6	1,9

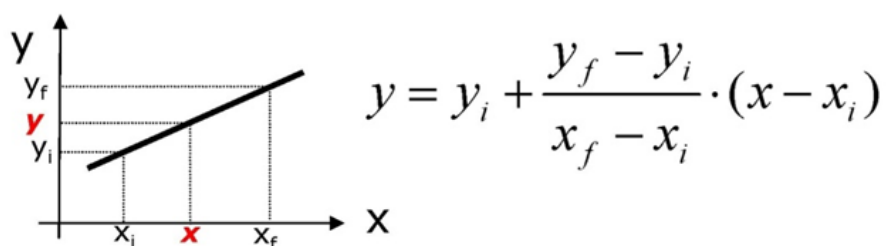
- Càlcul del coeficient eòlic c_p

S'estudiarà els dos pitjors dels casos: succió i pressió.

- Pressió: $c_p=0,37$

Pendiente de la cubierta α	A (m ²)	Zona (según figura)				
		F	G	H	I	J
15°	≥ 10	-0,9 0,2	-0,8 0,2	-0,3 0,2	-0,4 +0,0	-1 +0,0
	≤ 1	-2 0,2	-1,5 0,2	-0,3 0,2	-0,4 +0,0	-1,5 +0,0
30°	≥ 10	-0,5 0,7	-0,5 0,7	-0,2 0,4	-0,4 0	-0,5 0
	≤ 1	-1,5 0,7	-1,5 0,7	-0,2 0,4	-0,4 0	-0,5 0

Com la coberta té 20°, trobarem la solució interpolant.



$$y = 0,2 + \frac{0,7 - 0,2}{30 - 15} \cdot (20 - 15) = 0,37$$

- Succió: $c_p = -1,33$

Pendiente de la cubierta α	A (m ²)	Zona (según figura), $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$			
		F	G	H	I
15°	≥ 10	-1,3	-1,3	-0,6	-0,5
	≤ 1	-2,0	-2,0	-1,2	-0,5
30°	≥ 10	-1,1	-1,4	-0,8	-0,5
	≤ 1	-1,5	-2,0	-1,2	-0,5

Càlculs per trobar el coeficient de seguretat:

Esforços aplicats:

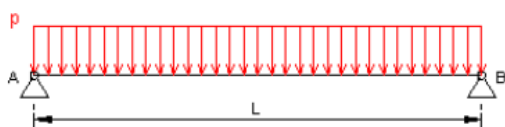


Diagrama d'esforços tallants:

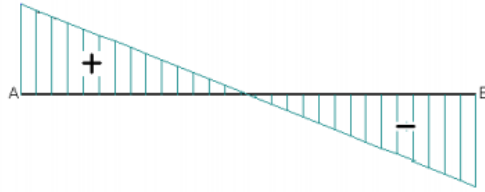
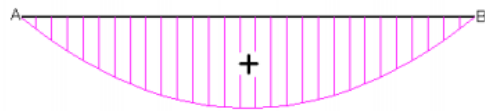


Diagrama moment flector:



- **Primer cas**, totes les forces actuen i del vent actua la pressió:

Cal recordar que excepte el vent, el qual la força és perpendicular a la coberta, la resta s'ha de fer la projecció. Per tant:

Carga total = $(0,235 + 0,4 + 0,4 + 0,105) \cdot \cos(20) + 0,57 = 1,64 \text{ kN/m}^2 \rightarrow$ Com hi ha una corretges cada 1,5 metres, la càrrega lineal que pateix la corretja és: $1,45 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,5 \text{ m} = 2,46 \text{ kN/m}$

$$M_{MAX} = \frac{q \cdot L^2}{8} = \frac{2,46 \cdot 7,3^2}{8} = 16,399 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_{adm} = \frac{M_{MAX}}{W_z} = \frac{16399}{81,9} = 200,23 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s = \frac{\sigma_g}{\sigma_{adm}} = \frac{235}{200,23} = 1,17$$

Sense les plaques el coeficient de seguretat és de 1,25

Segon cas, només hi ha el pes propi dels panells tipus Sandwich i els panells FV, i la succió del vent:

Carga total = $(0,235 + 0,105) \cdot \cos(20) - 2,14 = 1,82 \text{ kN/m}^2 \rightarrow$ Com hi ha una corretges cada 1,5 metres, la càrrega lineal que pateix la corretja és: $-1,82 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,5 \text{ m} = -2,73 \text{ kN/m}$

$$M_{MAX} = \frac{q \cdot L^2}{8} = \frac{-2,73 \cdot 7,3^2}{8} = 18,190 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_{adm} = \frac{M_{MAX}}{W_z} = \frac{18190}{81,9} = 222,1 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s = \frac{\sigma_s}{\sigma_{adm}} = \frac{235}{219,6} = 1,06$$

Sense els panells FV el coeficient de seguretat era 1,01; per tant a millorat.

Annex 9. UNE 20460-5-523: 2004

TABLA 52-B1 (UNE 20460-5-523:2004) Métodos de instalación de referencia					
Instalación de referencia		Tabla y columna			
		Intensidad admisible para los circuitos simples			
		Aislamiento PVC		Aislamiento XLPE o EPR	
		Número de conductores			
		2	3	2	3
	Conductores aislados en un conducto en una pared térmicamente aislante	A1	Tabla A.52-1 bis columna 4	Tabla A.52-1 bis columna 3	Tabla A.52-1 bis columna 6
	Cable multiconductor en un conducto en una pared térmicamente aislante	A2	Tabla A.52-1 bis columna 3	Tabla A.52-1 bis columna 2	Tabla A.52-1 bis columna 5
	Conductores aislados en un conducto sobre una pared de madera o mampostería	B1	Tabla A.52-1 bis columna 6	Tabla A.52-1 bis columna 5	Tabla A.52-1 bis columna 8
	Cable multiconductor en un conducto sobre una pared de madera o mampostería	B2	Tabla A.52-1 bis columna 5	Tabla A.52-1 bis columna 4	Tabla A.52-1 bis columna 7
	Cables unipolares o multipolares sobre una pared de madera o mampostería	C	Tabla A.52-1 bis columna 8	Tabla A.52-1 bis columna 6	Tabla A.52-1 bis columna 9
	Cable multiconductor en conductos enterrados	D	Tabla A.52-2 bis columna 3	Tabla A.52-2 bis columna 4	Tabla A.52-2 bis columna 6
	Cable multiconductor al aire libre. Distancia al muro no inferior a 0,3 veces el diámetro del cable	E	Tabla A.52-1 bis columna 9	Tabla A.52-1 bis columna 7	Tabla A.52-1 bis columna 10
	Cables unipolares en contacto al aire libre. Distancia al muro no inferior al diámetro del cable	F	Tabla A.52-1 bis columna 10	Tabla A.52-1 bis columna 8	Tabla A.52-1 bis columna 11
	Cables unipolares espaciados al aire libre. Distancia entre ellos como mínimo el diámetro del cable	G	---	Var UNE 20460-5-523	Var UNE 20460-5-523

XLPE: Polietileno reticulado (90°C) EPR: Etileno-propileno (90°C) PVC: Policloruro de vinilo (70°C)

Cobre: $\rho_{20} = 1/56 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$; Aluminio: $\rho_{20} = 1/35 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$

Para el cobre y el aluminio: $\theta = 70^\circ\text{C} \rightarrow K_\theta = 1,20$; $\theta = 90^\circ\text{C} \rightarrow K_\theta = 1,28$

POTENCIAS NORMALIZADAS DE TRANSFORMADORES (EN KVA):

5, 10, 15, 20, 30, 50, 75, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000

FACTORES DE MAYORACIÓN K_G : 1,25 para motores y 1,8 para lámparas de descarga

TABLA A.52-1 BIS (UNE 20460-5-523:2004)
Intensidades admisibles en amperios
Temperatura ambiente 40 °C en el aire

Método de instalación de la tabla 52-B1	Número de conductores cargados y tipo de aislamiento												
		PVC3	PVC2	XLPE3	XLPE2								
A1													
A2	PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2								
B1				PVC3	PVC2		XLPE3		XLPE2				
B2			PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2						
C						PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2		
E							PVC3		PVC2	XLPE3	PVC2	XLPE2	
F								PVC3		PVC2	XLPE3	PVC2	XLPE2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Sección mm²													
Cobre													
1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	16,5	19	20	21	24	-	
2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	23	26	26,5	29	33	-	
4	20	21	23	24	27	30	31	34	36	38	45	-	
6	25	27	30	32	36	37	40	44	46	49	57	-	
10	34	37	40	44	50	52	54	60	65	68	76	-	
16	45	49	54	59	66	70	73	81	87	91	105	-	
25	59	64	70	77	84	88	95	103	110	116	132	140	
35	-	77	86	96	104	110	119	127	137	144	154	174	
50	-	94	103	117	125	133	145	155	167	175	188	210	
70	-	-	-	140	160	171	185	190	214	224	244	260	
95	-	-	-	180	194	207	224	241	259	271	296	327	
120	-	-	-	208	225	240	260	280	301	314	340	380	
150	-	-	-	236	260	278	299	322	343	363	404	438	
185	-	-	-	268	297	317	341	368	391	415	464	500	
240	-	-	-	315	350	374	401	435	468	490	552	590	
Aluminio													
2,5	11,5	12	13,5	14	16	17	18	20	20	22	25	-	
4	15	16	18,5	19	22	24	24	26,5	27,5	29	35	-	
6	20	21	24	25	28	30	31	33	36	38	45	-	
10	27	28	32	34	38	42	42	46	50	53	61	-	
16	36	38	42	46	51	56	57	63	66	70	83	-	
25	46	50	54	61	64	71	72	78	84	88	94	105	
35	-	61	67	75	78	88	90	97	104	109	117	130	
50	-	73	80	90	96	106	108	116	127	133	145	160	
70	-	-	-	116	122	136	139	151	162	170	187	206	
95	-	-	-	140	148	167	169	183	197	207	230	251	
120	-	-	-	162	171	193	196,5	213	226	239	269	293	
150	-	-	-	187	197	223	227	246	264	277	312	338	
185	-	-	-	212	225	256	259	281	301	316	359	386	
240	-	-	-	248	265	300	306	332	355	372	429	461	

XLPE: Polietileno reticulado (90°C) EPR: Etileno-propileno (90°C) PVC: Policloruro de vinilo (70°C)

TABLA A.52-1 BIS (UNE 20460-5-523:2004) Intensidades admisibles en amperios Temperatura ambiente 40 °C en el aire												
Método de instalación de la tabla 52-B1	Número de conductores cargados y tipo de aislamiento											
	PVC3	PVC2	PVC3	PVC2	PVC3	PVC2	PVC3	PVC2	PVC3	PVC2	PVC3	PVC2
A1												
A2												
B1												
B2												
C												
E												
F												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Sección mm²												
Cobre												
1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	16,5	19	20	21	24	-
2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	23	26	26,5	29	33	-
4	20	21	23	24	27	30	31	34	36	38	45	-
6	25	27	30	32	36	37	40	44	46	49	57	-
10	34	37	40	44	50	52	54	60	65	68	76	-
16	45	49	54	59	66	70	73	81	87	91	105	-
25	59	64	70	77	84	88	95	103	110	116	123	140
35	-	77	86	96	104	110	119	127	137	144	154	174
50	-	94	103	117	125	133	145	155	167	175	188	210
70	-	-	140	160	171	185	199	214	224	244	260	-
95	-	-	-	180	194	207	224	241	259	271	296	327
120	-	-	-	200	225	240	260	280	301	314	340	360
150	-	-	-	230	260	270	299	322	343	363	404	438
185	-	-	-	268	297	317	341	368	391	415	464	500
240	-	-	-	315	350	374	401	435	468	490	552	590
Aluminio												
2,5	11,5	12	13,5	14	16	17	18	20	20	22	25	-
4	15	16	18,5	19	22	24	24	26,5	27,5	29	35	-
6	20	21	24	25	28	30	31	33	36	38	45	-
10	27	28	32	34	38	42	42	46	50	53	61	-
16	36	38	42	46	51	56	57	63	66	70	83	-
25	46	50	54	61	64	71	72	78	84	88	94	105
35	-	61	67	75	78	88	89	97	104	109	117	130
50	-	73	80	90	96	106	108	118	127	133	145	160
70	-	-	-	116	122	136	139	151	162	170	187	206
95	-	-	-	140	148	167	169	183	197	207	230	251
120	-	-	-	162	171	193	196,5	213	228	239	269	293
150	-	-	-	187	197	223	227	246	264	277	312	338
185	-	-	-	212	225	256	259	281	301	316	359	388
240	-	-	-	248	265	300	306	332	355	372	429	461

XLPE: Polietileno reticulado (90°C) EPR: Etileno-propileno (90°C) PVC: Policloruro de vinilo (70°C)

Sunmodule® Plus

SW 290 / 300 MONO



Data sheet



HIGH QUALITY ENGINEERING BY SOLARWORLD

More than 40 years of technology expertise, ongoing innovation and continuous optimization create the foundation for the performance of SolarWorld's high-quality modules. All production steps, from silicon to module, are established at our production sites, ensuring the highest quality for our customers every step of the way. Our modules are extremely flexible when it comes to their application and provide optimal solutions for installation and non-stop performance – worldwide.

- » Especially stable, despite its low weight mechanical resilience of up to 8.5 kN/m²
- » Tested in extreme weather conditions – resistance to salt spray, frost and hail-proof, resistance to ammonia, dust and sand
- » PID-resistant and proven hotspot guarantee
- » Highly-efficient cells (mono PERC) for the highest possible yields
- » Harmonized components such as mounting systems, connector cables, inverters and energy storage systems can be delivered as complete system
- » Patented drainage corners for optimized self-cleaning
- » Front glass with an anti-reflective coating
- » Long-term safety and guaranteed top performance – At least 97% of nominal power in the first year – 25-year linear performance warranty 20-year product warranty



Sunmodule[®] Plus

SW 290 / 300 MONO



PERFORMANCE UNDER STANDARD TEST CONDITIONS (STC)*

		SW 290	SW 300
Maximum power	P_{max}	290 Wp	300 Wp
Open circuit voltage	U_{oc}	39.6 V	40.0 V
Maximum power point voltage	U_{mpp}	31.9 V	32.6 V
Short circuit current	I_{sc}	9.75 A	9.83 A
Maximum power point current	I_{mpp}	9.20 A	9.31 A
Module efficiency	η_m	17.30 %	17.89 %

Measuring tolerance (P_{max}) traceable to TUV Rheinland: +/- 2% (TUV Power controlled, ID 0000039351)

*STC: 1000W/m², 25°C, AM 1.5

PERFORMANCE AT 800 W/m², NOCT, AM 1.5

		SW 290	SW 300
Maximum power	P_{max}	219.6 Wp	226.7 Wp
Open circuit voltage	U_{oc}	36.7 V	37.0 V
Maximum power point voltage	U_{mpp}	29.5 V	30.2 V
Short circuit current	I_{sc}	7.99 A	8.06 A
Maximum power point current	I_{mpp}	7.43 A	7.52 A

Minor reduction in efficiency under partial load conditions at 25°C: at 200 W/m², 97% (+/-3%) of the STC efficiency (1000 W/m²) is achieved.

PARAMETERS FOR OPTIMAL SYSTEM INTEGRATION

Power sorting	-0 Wp / +10 Wp
Maximum system voltage IEC	1000 V
Maximum reverse current	25 A
Number of bypass diodes	3
Operating range	-40°C - +85°C
Maximum Design Loads (Two rail system)*	+5.4 kN/m ² / -3.1 kN/m ²
Maximum Design Loads (Three rail system)*	+8.5 kN/m ² / -3.1 kN/m ²

*Please refer to the Sunmodule Installation instructions for the details associated with these load cases.

COMPONENT MATERIALS

Cells per module	60
Cell type	Mono crystalline PERC
Cell dimensions	156 mm x 156 mm
Front	Tempered safety glass (EN 12150)
Back	Film, white
Frame	Black anodized aluminum
J-Box	IP65
Connector	Amphenol H4 UTX

DIMENSIONS / WEIGHT

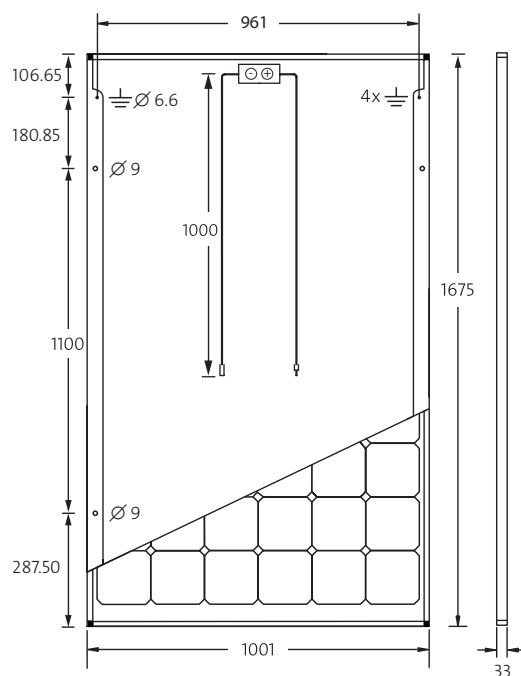
Length	1675 mm
Width	1001 mm
Height	33 mm
Weight	18.0 kg

THERMAL CHARACTERISTICS

NOCT	46 °C
TK I_{sc}	0.070 %/K
TK U_{oc}	-0.29 %/K
TK P_{mpp}	-0.39 %/K

ORDERING INFORMATION

Order number	Description
82000482	Sunmodule Plus SW 290 mono
82000432	Sunmodule Plus SW 300 mono



CERTIFICATES AND WARRANTIES

Certificates	IEC 61730	IEC 61215	IEC 62716	IEC 60068-2-68	IEC 61701
Warranties	Product Warranty	20 years	Linear Performance Guarantee	25 years	

SUNNY TRIPOWER CORE1

STP 50-40



STP 50-40



El primer inversor independiente del mundo

Instalación hasta un 60 % más rápida en plantas comerciales fotovoltaicas



Económico

- Equipo de fácil montaje e instalación
- Sin necesidad de utilizar fusibles de CC
- Seccionador de CC integrado

Integración completa

- Acceso Wi-Fi integrado con cualquier dispositivo móvil
- 12 entradas de string directas reducen el esfuerzo de trabajo y material
- Protección contra sobretensión CA/CC (opcional)

Instalación rápida

- Rápida conexión a la red con una configuración y una puesta en marcha sencillas del inversor
- Acceso óptimo a las zonas de conexión

Máximo rendimiento

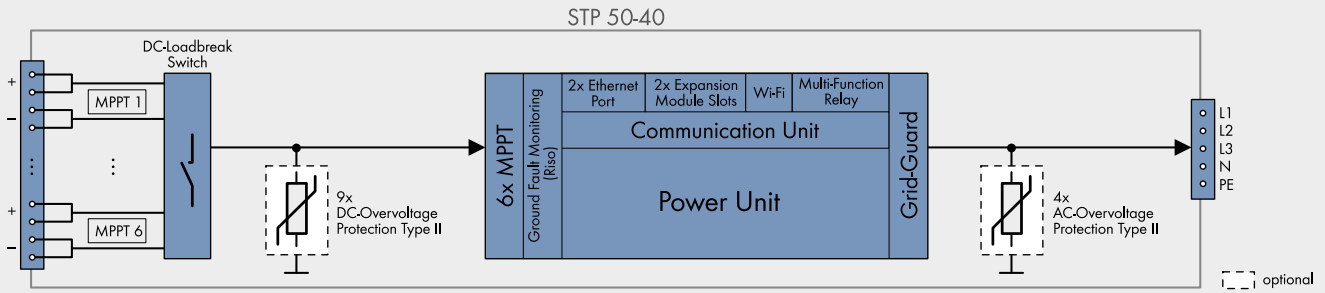
- Sobredimensionado de hasta el 150 % del generador fotovoltaico
- 6 seguidores del MPP independientes garantizan una generación de energía óptima, también en la sombra

SUNNY TRIPOWER CORE1

Stands on its own

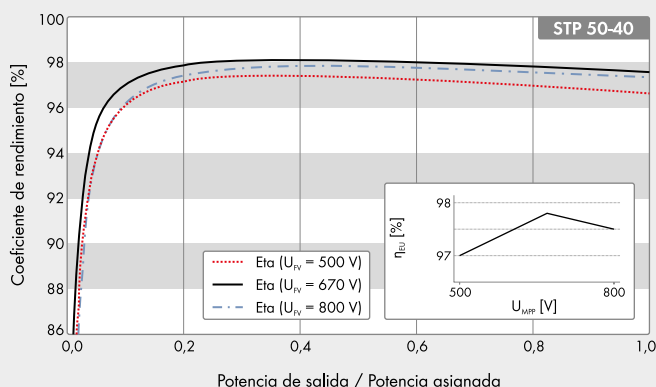
El Sunny Tripower CORE1 es el primer inversor de string de montaje independiente del mundo para sistemas descentralizados sobre tejados y espacios abiertos, así como en plazas de aparcamiento cubiertas. El CORE1 es la tercera generación de la familia de productos de éxito Sunny Tripower y revoluciona el mundo de los inversores comerciales con su concepto innovador. Los ingenieros de SMA buscaban combinar un diseño único con un método de instalación innovador para incrementar así claramente la velocidad de instalación y obtener un retorno de la inversión óptimo para todos los grupos destinatarios. Desde la entrega hasta la instalación, pasando por el funcionamiento, el Sunny Tripower CORE1 permite ahorrar grandes costes logísticos, de mano de obra, material y servicio técnico. Desde este momento, las instalaciones fotovoltaicas comerciales pueden convertirse en realidad de forma más rápida y sencilla que antes.

DIAGRAMA DE BLOQUES



Datos técnicos	Sunny Tripower CORE1	Datos técnicos	Sunny Tripower CORE1
Entrada (CC)		Rendimiento	
Potencia máx. del generador fotovoltaico	75000 Wp STC	Rendimiento máx./europ. Rendimiento	98,1 % / 97,8 %
Tensión de entrada máx.	1000 V	Datos generales	
Rango de tensión del seguidor del MPP/tensión asignada de entrada	De 500 V a 800 V / 670 V	Dimensiones (ancho x alto x fondo)	621 mm/733 mm/569 mm (24.4 in/28.8 in/22.4 in)
Tensión de entrada mín./de inicio	150 V/188 V	Peso	84 kg (185 lb)
Corriente máx. de entrada/por seguidor del MPP	120 A/20 A	Rango de temperatura de funcionamiento	De -25 °C a +60 °C (de -13 °F a +140 °F)
Corriente del cortocircuito máx. por seguidor del MPP/por entrada de string	30A/30A	Emisión sonora (típica)	< 65 dB(A)
Número de entradas de seguidores del MPP independientes/Strings por entrada de seguidores del MPP	6/2	Autoconsumo (nocturno)	4,8 W
Salida (CA)		Topología/Principio de refrigeración	Sin transformador/OptiCool
Potencia asignada (a 230 V, 50 Hz)	50000 W	Tipo de protección (según IEC 60529)	IP65
Potencia máx. aparente de CA	50000 VA	Clase climática (según IEC 60721-3-4)	4K4H
Tensión nominal de CA	220 V / 380 V 230 V / 400 V 240 V / 415 V	Valor máximo permitido para la humedad relativa (sin condensación)	100 %
Rango de tensión de CA	De 202 V a 305 V	Equipamiento/Función/Accesorios	
Frecuencia de red de CA/Rango	50 Hz/De 44 Hz a 55 Hz 60 Hz/De 54 Hz a 65 Hz	Conexión de CC/CA	SUNCLIX/Borne roscado
Frecuencia asignada de red/Tensión asignada de red	50 Hz/230 V	Patatas	●
Corriente de salida máx./Corriente de salida de medición	72,5 A/72,5 A	Indicador led (estado/error/comunicación)	●
Fases de inyección/Conexión de CA	3 / 3-(N)-PE	Interfaz: Ethernet/WLAN/RS485	● (2 entradas) / ● / ○
Factor de potencia a potencia asignada/Factor de desfase ajustable	1/De 0 inductivo a 0 capacitivo	Interfaz de datos: SMA Modbus/SunSpec Modbus/Speedwire, Webconnect	● / ● / ●
THD	< 3 %	Relé multifunción/Ranuras para módulos de ampliación	● / ● (2 entradas)
Dispositivos de protección		OptiTrac Global Peak/Integrated Plant Control/Q on Demand 24/7	● / ● / ●
Dispositivo de desconexión en la entrada	●	Compatible con redes aisladas/con SMA Fuel Save Controller	● / ●
Vigilante de aislamiento/Monitorización de red	● / ●	Garantía: 5/10/15/20 años	● / ○ / ○ / ○
Protección contra polarización inversa de CC/Resistencia al cortocircuito de CA/con separación galvánica	● / ● / -	Certificados y autorizaciones (otros a petición)	EN 50438:2013*, G59/3, IEC 60068-2-x, IEC 61727, IEC 62109-1/2, IEC 62116, MEA 2016, NBR 16149, NEN EN 50438, NRS 097-2-1, PEA 2016, PPC, RD 1699/413, RD 661/2007, Res. n°7:2013, SI4777, TOR D4, TR 3.2.2, UTE C15-712-1, VDE 0126-1-1, VDE-ARN 4105, VFR 2014, P.O.12.3, NTC-NTCS, GC 8.9H, PR20, DEWA
Unidad de seguimiento de la corriente residual sensible a la corriente universal	●	* No válido para todos los apéndices nacionales de la norma EN 50438	
Clase de protección (según IEC 62109-1)/Categoría de sobretensión (según IEC 62109-1)	I/CA: III; CC: II	● Equipamiento de serie ○ Opcional — No disponible	
Descargador de sobretensión de CC/CA (tipo II)	○ / ○	Datos en condiciones nominales. Versión: 07/2017	
		Modelo comercial	STP 50-40

Curva de rendimiento



Accesorios

	SMA Sensor Module MD.SEN-40		SMA IO-Module MD.IO-40
	SMA Módulo RS485 MD.485-40		Antenna Extension Kit EXTANT-40
	AC Surge Protection Module Kit AC_SPD_Kit1-10 DC Surge Protection Module Kit DC_SPD_Kit4-10		

Dispositiu protecció sobretensions DC

	DG M YPV SCI 1000	DG M YPV SCI 1000 FM
SPD según EN 61643-11	Tipo 2	Tipo 2
SPD según IEC 61643-1	Clase II	Clase II
Tensión FV máx. U_{PVmax}	≤ 1000 V	≤ 1000 V
Corriente total de descarga (8/20 μ s) I_{total}	40 kA	40 kA
Corriente nominal de descarga (8/20 μ s) [(DC+/DC-)-> PE]	12,5 kA	12,5 kA
Corriente máxima de descarga (8/20 μ s) [(DC+/DC-)-> PE] I_{max}	25 kV	25 kV
Nivel de protección U_p	≤ 4 kV	≤ 4 kV
Nivel de protección con 5 kA U_D	$\leq 3,5$ kV	$\leq 3,5$ kV
Tiempo de respuesta t_A	≤ 25 ns	≤ 25 ns
Margen de temperatura de servicio T_U	-40°C...+80°C	-40°C...+80°C
Capacidad de fusión del fusible interno	30 kA/1000 V DC	30 kA/1000 V DC
Estado operativo / defectuoso	verde/rojo	verde/rojo
Sección de conexión (mín.)	1,5 mm ² rígido / flexible	1,5 mm ² rígido / flexible
Sección de conexión (máx.)	35 mm ² rígido / 25 mm ² flexible	35 mm ² rígido / 25 mm ² flexible
Montaje sobre	Carril DIN según EN 60715	Carril DIN según EN 60715
Material de la carcasa	Termoplástico, color rojo, UL 94 V-0	Termoplástico, color rojo, UL 94 V-0
Clase de protección	IP 20	IP 20
Medidas de montaje	3 TE, DIN 43880	3 TE, DIN 43880
Contactos FM/Forma de los contactos	—	Contacto conmutado
Potencia de conmutación AC	—	250 V/0.5 A
Potencia de conmutación DC	—	250 V/0.1 A; 125 V/0.2 A; 75 V/0.5 A
Sección de conexión para bornas FM	—	máx. 1,5 mm ² rígido/flexible

Dispositius protecció sobretensions AC

	DG M TT 275	DG M TT 275 FM
SPD según EN 61643-11	Tipo 2	Tipo 2
SPD según IEC 61643-1	Clase II	Clase II
Tensión nominal ac U_N	230/400 V	230/400 V
Máxima tensión permisible de servicio ac [L-N] U_C	275 V	275 V
Máxima tensión permisible de servicio ac [N-PE] U_C	255 V	255 V
Corriente nominal de descarga (8/20) I_n	20 kA	20 kA
Corriente máxima de descarga (8/20) I_{max}	40 kA	40 kA
Corriente de choque de rayo (10/350) [N-PE] I_{imp}	12 kA	12 kA
Nivel de protección [L-N] U_p	$\leq 1,25$ kV	$\leq 1,25$ kV
Nivel de protección [L-N] con 5 kA U_p	≤ 1 kV	≤ 1 kV
Nivel de protección [N-PE] U_p	$\leq 1,5$ kV	$\leq 1,5$ kV
Capacidad de apagado de la corriente consecutiva de red [N-PE] I_{fi}	100 A _{eff}	100 A _{eff}
Tiempo de respuesta [L-N] t_A	≤ 25 ns	≤ 25 ns
Tiempo de respuesta [N-PE] t_A	≤ 100 ns	≤ 100 ns
Fusible previo máximo	125 A gL/gG	125 A gL/gG
Resistencia a cortocircuito con fusible previo máximo	50 kA _{eff}	50 kA _{eff}
Tensión TOV [L-N] U_T	335 V / 5 seg.	335 V / 5 seg.
Tensión TOV [N-PE] U_T	1200 V / 200 ms	1200 V / 200 ms
Margen de temperatura de servicio T_U	-40°C...+80°C	-40°C...+80°C
Estado operativo/defectuoso	verde/rojo	verde/rojo
Sección de conexión (mín.)	1,5 mm² hilo fino /monofilar	1,5 mm² hilo fino /monofilar
Sección de conexión (máx.)	35 mm² varios hilos / 25 mm² hilo fino	35 mm² varios hilos / 25 mm² hilo fino
Montaje sobre	Carril de sujeción 35 mm según EN 60715	Carril de sujeción 35 mm según EN 60715
Material de la carcasa	Termoplástico, color rojo, UL 94 V-0	Termoplástico, color rojo, UL 94 V-0
Clase de protección	IP 20	IP 20
Medidas de montaje	4 TE, DIN 43880	4 TE, DIN 43880
Certificaciones	KEMA, VDE, UL, VdS	KEMA, VDE, UL, VdS
Contacto FM / Forma de los contactos	—	Contacto conmutado
Potencia de conmutación ac	—	250 V/0,5 A
Potencia de conmutación dc	—	250 V/0,1 A; 125 V/0,2 A; 75 V/0,5 A
Sección de conexión para bornas FM	—	máx. 1,5 mm² monofilar / hilo fino